

TRABAJO FIN DE GRADO

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR**



**Implementación de un sistema avanzado de protección
contra incendios en edificios**

Autor: Leonardo Ruiz Otero

Tutor: Alejandro Sevilla Santiago

Índice

Agradecimientos	2
Listado de Figuras	3
Listado de Tablas	5
Resumen	6
Abstract.....	7
1. Motivación y Objetivo	8
2. Introducción.....	10
2.1 El fuego y sus propiedades.....	11
2.2 Tipos de sistemas contra incendios existentes.....	12
2.3 ¿Qué es el agua nebulizada?	16
2.4 Tipos de sistemas contra incendios de agua nebulizada a alta presión.....	18
3. Descripción del edificio	21
4. Descripción y diseño del sistema contra incendios.....	24
4.1 Sistema contra incendios elegido.....	24
4.2 Distribución y funcionamiento	25
4.3 Componentes del sistema.....	33
4.4 Diseño, cálculo y dimensionado.....	41
4.5 Normativa, instalación y mantenimiento	52
4.6 Configuraciones alternativas	55
5. Mediciones y presupuesto.....	57
6. Conclusiones y trabajos futuros.....	63
7. ANEXOS	65
ANEXO A.....	65
ANEXO B	68
ANEXO C.....	71
8. Referencias	84

Agradecimientos

“Yo soy yo y mis circunstancias” (José Ortega y Gasset). Esta frase filosófica siempre me ha dado mucho que pensar, pues según como se interprete adquirirá un significado diferente. En ocasiones como esta, y me refiero a la realización de un trabajo de gran magnitud e importancia como es el trabajo de fin de grado, la interpretación que hago del significado de esta frase es claro: “Yo soy yo gracias a las personas que me aprecian”, pues ellas me han guiado y enseñado muchas cosas de las que he aprendido. De igual manera, si he sido capaz de alcanzar grandes logros personales, ha sido en gran medida gracias a estas personas, y la realización de este TFG no es una excepción.

Me gustaría agradecer a mi tutor y profesor Alejandro Sevilla Santiago, su esfuerzo, ayuda y gran motivación durante la elaboración del presente proyecto, motivación que comparte a la hora de enseñar sus conocimientos como profesor del departamento de Ingeniería Térmica y Fluidos de la Universidad Carlos III de Madrid, tanto en clase como fuera de ella.

El profundo conocimiento sobre el edificio Sabitini, y algunas de las ideas centrales del proyecto, se deben a la ayuda desinteresada de D. Pedro Castañeda Taladriz, Jefe de Mantenimiento y Obras de la Universidad Carlos III de Madrid.

Otra persona y gran amigo que merece ser mencionado, y sin cuya ayuda no habría podido finalizar el TFG, es Juan Miguel Rodríguez Sánchez, estudiante de Grado en Ingeniería de la Edificación en la Universidad Politécnica de Madrid. Me gustaría agradecerle su constante apoyo, sus numerosos consejos y todos los conocimientos que siempre ha compartido generosamente conmigo.

No puedo dejar de nombrar a uno de mis tutores de las prácticas externas en *Gauzón Ibérica S.L.*, y también amigo, D. Alfonso Méndez López, que despertó mi entusiasmo por las tecnologías de la extinción de fuegos, además de enseñarme gran parte de lo que sé sobre este campo de la ingeniería. Alfonso no sólo me animó a realizar el TFG sobre la aplicación práctica de los sistemas de protección contra incendios, sino que además realizó un grandísimo esfuerzo de seguimiento y ayuda durante los últimos meses, facilitándome información y documentación esenciales para llevar el TFG a buen puerto.

Por último, y más importante, me gustaría agradecer el apoyo recibido por toda mi familia a lo largo de la elaboración de este TFG. Quisiera destacar particularmente a mi padre, Leonardo Ruiz Guerrero, por compartir su enorme experiencia y sus conocimientos técnicos, así como a mi madre, Carmen Otero Aldereguía, por su guía para lograr un documento mucho mejor redactado.

Listado de Figuras

- Figura 2.0: Triángulo de Fuego
- Figura 2.1: Niebla de Agua
- Figura 2.2: Boquilla HI-FOG
- Figura 2.3: Comparación tamaños de gota
- Figura 2.4: Sistema GPU
- Figura 2.5: Sistema GPU
- Figura 2.6: Sistema MAU
- Figura 2.7: Sistema MAU
- Figura 2.8: Sistema DAU
- Figura 2.9: Sistema DAU
- Figura 2.10: Sistema SPU
- Figura 2.11: Sistema SPU
- Figura 3.0: Edificio Sabatini-Cara Este
- Figura 3.1: Vista en Planta del Sabatini-Planta Baja
- Figura 4.0: Esquema de una SPU 4 + 1
- Figura 4.1: Vista en planta del Sótano, edificio Sabatini – AutoCAD
- Figura 4.2: Vista en planta de la planta baja, edificio Sabatini – AutoCAD
- Figura 4.3: Vista en planta de la planta primera, edificio Sabatini – AutoCAD
- Figura 4.4: Vista en planta de la planta segunda, edificio Sabatini – AutoCAD
- Figura 4.5: Vista en planta de la planta tercera, edificio Sabatini – AutoCAD
- Figura 4.6: Vista en planta del sótano con la distribución del sistema – AutoCAD
- Figura 4.7: Vista en planta de la planta baja con la distribución del sistema – AutoCAD
- Figura 4.8: Vista en planta de la planta primera con la distribución del sistema – AutoCAD
- Figura 4.9: Vista en planta de la planta segunda con la distribución del sistema - AutoCAD

- Figura 4.10: Vista en planta de la planta tercera con la distribución del sistema - AutoCAD
- Figura 4.11: Esquema simplificado de distribución de componentes
- Figura 4.12: Tuberías Acero Inoxidable AISI 316L-12 a 60 mm
- Figura 4.13: Tuberías utilizadas - AutoCAD
- Figura 4.14: Válvula de Seccionamiento
- Figura 4.15: Válvula de Sección - AutoCAD
- Figura 4.16: Bloque de distribución- 2 salidas 12 mm
- Figura 4.17: Bloque distribución - AutoCAD
- Figura 4.18: Boquilla con Bulbo HI-FOG "1B 1ME 6MF 10RA"
- Figura 4.19: Boquilla con Bulbo HI-FOG "Serie 2000" (pasillos)
- Figura 4.20: Boquilla "1B 1ME 6MF 10RA" - AutoCAD
- Figura 4.21: Boquilla "Serie 2000" – AutoCAD
- Figura 4.22: Boquilla sin bulbo HI-FOG
- Figura 4.23: Válvula de Sección con solenoide
- Figura 4.24: Esquema de Acumuladores – 2 botellas de agua y dos botellas de nitrógeno comprimido
- Figura 4.25: Vista lateral de una SPU 6 + 1
- Figura 4.26: Vista frontal de una SPU 6 + 1
- Figura 4.27: Zonas más desfavorables -Planta Tercera – AutoCAD
- Figura 4.28: SPU 6 + 1 – Aspecto Exterior
- Figura 4.29: Vista del depósito soterrado en Sótano – AutoCAD
- Figura 4.30: Distribución Planta Sótano – AutoCAD
- Figura 4.32: Zonas más desfavorables, Tercera Planta – AutoCAD
- Figura 4.33: Recorrido agua en la mitad con mayor pérdida de carga- AutoCAD

Listado de Tablas

- Tabla 2.0: Incendios con mayor número de muertos a nivel mundial
- Tabla 2.1: Tiempos de sedimentación de gotas de agua de diferentes diámetros a través de 1 pie de distancia
- Tablas 4.0 y 4.1: Distancias entre sujeciones según diámetro de tubería

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo principal el diseño, dimensionado y cálculo de un sistema de protección contra incendios de última generación que utiliza como agente extintor agua nebulizada a alta presión. Dicha atomización fina es posible gracias al uso de unos inyectores especiales desarrollados por HI-FOG (Marioff Oy), y permite producir sprays de pequeñas gotas con tamaño medio de 50 micras pero una considerable cantidad de movimiento. Estas características del spray lo hacen óptimo para la extinción de todo tipo de incendios, ya que ataca directamente las tres esquinas del triángulo de fuego. La operación de estas boquillas requiere la aplicación de sobrepresiones de inyección del orden de 65 bar, lo cual implica presiones superiores a esta en el sistema hidráulico de alimentación. Como consecuencia, los componentes de dicho sistema hidráulico deben ser cuidadosamente escogidos para garantizar un funcionamiento libre de fallos y una buena durabilidad del conjunto.

El sistema descrito en el párrafo anterior se ha diseñado para su eventual implementación en el edificio Sabatini de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, ubicado en el Campus de Leganés. La elección del edificio Sabatini fue motivada por el incendio ocurrido el 28 de octubre de 2013, que afectó al ala oeste de su segunda planta. Debido al sistema de protección contra incendios del que está dotado el edificio Sabatini, los daños causados por el incendio tanto en el edificio como en los bienes resultaron considerables, ascendiendo el coste de las tareas de rehabilitación al estado original a 248.880,16 €.

La implementación del sistema diseñado en el presente proyecto en el edificio Sabatini conllevaría un coste de unos 754.000 €, si bien garantizaría una rápida y eficiente extinción independientemente del tipo de fuego y su origen dentro del edificio, minimizando los daños asociados. Por último, cabe destacar que, a la vista del presupuesto de rehabilitación del incendio acontecido en 2013, bastaría con una propagación del mismo a toda la segunda planta para cubrir los gastos de diseño e instalación del sistema propuesto, con un sobrante de hasta unos 300.000 €.

Abstract

The main objective of present Graduate Thesis is the design and calculation of a state-of-the-art fire protection system that makes use of high-pressure water mist. The generation of this mist is possible thanks to water injectors specifically designed by the manufacturer HI-FOG (Marioff Oy), and allows producing sprays composed of tiny water droplets of 50-micron mean diameter with high momentum. These features make this spray optimal for the extinction of any kind of fire. The operation of these nozzles requires injection overpressures of about 65 bar and, consequently, the typical pressures prevailing in the feeding hydraulic system are even larger. The latter fact implies a careful selection of all the components that comprise the installation to guarantee the proper functioning and durability of the system.

The facility described in the previous paragraph has been designed for its eventual implementation in the Sabatini building of the School of Engineering of Carlos III University of Madrid, placed at Leganés Campus. This choice for the building was motivated by the fire that took place the 28th of October 2013, that affected the west wing of the second floor. Due to the fire protection system that is nowadays installed in Sabatini building, the damage caused by the fire required a restoring cost of 248.880,16 €.

The implementation of the proposed system in the Sabatini building would have an associated cost of about 754.000 €, although it would fully guarantee a fast and efficient extinction of the fire, irrespective of its type or origin, thus minimizing the associated damage. As a last comment, it should be pointed out that in view of the repair costs due to last year's fire, it would just need to propagate throughout the whole second floor to cover the expenses of the proposed system, with 300.000 € left.

1. Motivación y Objetivo

La elección de la temática que aborda el presente Trabajo de Fin de Grado se debe a la gran importancia que están adquiriendo día a día los sistemas de protección contra incendios, junto con la necesidad de revisar los diseños que todavía se instalan mayoritariamente en edificios. Actualmente, muchos de estos sistemas se basan únicamente en el cumplimiento la normativa vigente, aunque en muchas ocasiones ésta demuestre no ser suficiente para garantizar una protección adecuada. Un ejemplo reciente y cercano de esto último es el incendio ocurrido en el edificio Sabatini de la Universidad Carlos III de Madrid [1], que se produjo en ausencia de un sistema de protección capaz de extinguir el fuego de forma rápida y efectiva, dando lugar a costosas tareas de reparación, así como a la interrupción de la actividad en una parte sustancial del edificio durante varias semanas.

El objetivo principal del presente proyecto es el diseño de un sistema avanzado de protección contra incendios de uno de los edificios de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid [2], en concreto el edificio Sabatini mencionado en el párrafo anterior. Para ello, se implementará uno de los sistemas más avanzados del mundo, basado en el uso de agua nebulizada mediante inyectoros especiales de alta presión de operación manufacturados por la empresa HI-FOG [3]. Asimismo, se pretende cumplir las especificaciones establecidas en el código técnico **SI (Seguridad en caso de Incendio)** [4], y seguir también las especificaciones del *Manual de protección contra incendios* de la **NFPA (National Fire Protection Association)** de los Estados Unidos de América [5]. Este último manual, compuesto por varios tomos, fue creado por un grupo de científicos e ingenieros con el objetivo fundamental de comprender mejor la acción del fuego y proponer, gracias a dicho conocimiento básico, soluciones más eficientes para su extinción. Otra característica importante de la NFPA, concretamente del tomo **NFPA 750**, dedicado exclusivamente al uso de agua nebulizada [6], es que pone de manifiesto que este tipo de sistemas avanzados apenas se contemplan en las normativas actuales de protección contra incendios existentes en España. Este estado de cosas se debe a la relativa modernidad de dichos sistemas avanzados, y hace cada vez más necesaria una actualización de toda la normativa española a este respecto.

Para llevar a cabo este proyecto, se realizará primero un estudio del edificio Sabatini, para después proceder al diseño, cálculo y dimensionado del sistema contra incendios que se propone instalar. Así, habrá que identificar previamente las zonas más desfavorables en caso de incendio, es decir, las zonas con más metros cúbicos para cubrir. Generalmente estas zonas de mayor riesgo suelen ser las de mayor demanda de agua, y en nuestro caso coincidirán, como se demostrará posteriormente, con las zonas de mayor superficie.

Una vez conocidas estas zonas se procederá al cálculo de las características básicas de la instalación: el número de boquillas de inyección necesarias, las longitudes y diámetros de las tuberías de suministro del agua, el número de válvulas de sección, el grupo de bombeo, la capacidad de los tanques de agua, etc. A partir de este punto ya se dispondrá de los datos suficientes para realizar una correcta elección del dimensionado y de los componentes que van a conformar el sistema contra incendios.

2. Introducción

Cualquier construcción actual precisa siempre de un plan de seguridad diseñado para salvaguardar la salud y la vida del ser humano. Esta seguridad se ve especialmente comprometida cuando se trata de construcciones destinadas al alojamiento o transporte de personas, por ejemplo aeronaves, barcos, coches, trenes, edificios residenciales y edificios industriales, entre otros. Una vez que la integridad estructural de este tipo de construcciones [7] las prepara para soportar lo mejor posible cualquier tipo de daño, e.j. choques, terremotos, grandes vientos o incendios, es cuando se debe establecer el objetivo de reducir en la medida de lo posible, o incluso evitar, la aparición de estos daños. En particular, el presente proyecto se centra en el fuego como factor potencialmente peligroso para la integridad de edificios públicos, y por extensión de las personas que ejercen su actividad en los mismos.

Como consecuencia de una inadecuada extinción del fuego accidental, todos los años mueren o resultan gravemente heridas una gran cantidad de personas debido a los incendios producidos en edificios. Según el Centro de Estadísticas de Incendios de CTIF (Asociación Internacional de Servicios de Incendios y Rescate), cada año se producen de 7 a 8 millones de incendios, causando entre 70.000 y 80.000 muertes y entre 500.000 y 800.000 heridos, siendo un 90% de las muertes debidas a incendios producidos en edificios [8]. También hay que destacar que alrededor de un tercio de los incendios se originan en el interior de los edificios [9]. Según “Europacable”, en Europa la tasa media de muertes por incendio fue de 1 por cada 100.000 habitantes durante 2003 y 2004, lo que suma la escalofriante cifra total de 30.000 muertes al año sólo en Europa [9].

Otro aspecto que también hay que tener en cuenta son las enormes pérdidas económicas que suponen los incendios, incluyendo daños materiales, parones en las actividades, primas de seguros, etc. Según el Gobierno del Reino Unido [10], 70 grandes incendios industriales conllevaron un coste total de 275 millones de libras para el Gobierno. Según otra fuente [11], los daños provocados por incendios en los Estados Unidos de América costaron más de 10 mil millones de dólares en 2001. El CTIF elaboró un informe en el que se estima que el coste total de los incendios asciende en torno al 1% del PIB en la mayoría de los países desarrollados [12].

A continuación, y a título informativo, se expone una tabla que indica los incendios con mayor número de muertos a nivel mundial entre 1999 y 2008, tomada de la NFPA [13], y que a su vez fue creada con datos de “The World Almanac, 2009” [14].

INCENDIOS CON MAYOR NÚMERO DE MUERTOS A NIVEL MUNDIAL (Entre enero de 1999 y diciembre de 2008)

1. Iglesia, Kanungu, Uganda, Marzo/00, 530 muertos*
2. Supermercado Ycua Bolaños, Asunción, Agosto/04, 420 muertos
3. Centro Comercial/Disco, Luoyang, China, Diciembre/00, 309 muertos
4. Mesa Redonda, Lima, Diciembre/01, 291 muertos*
5. Subway, Taegu, Korea del Sur, Febrero/03, 198 muertos*
6. Disco Cromagnón, Buenos Aires, Diciembre/04, 191 m
7. Tren de la Montaña, Kaprun, Austria, Noviembre/00, 155 muertos
8. Cárcel Estatal de Higüey, Rep Dominicana, Marzo/05, 134 muertos
9. Cárcel Estatal, San Pedro Sula, Mayo/04, 104 muertos
10. Station Nightclub, RI, EUA, Febrero/03, 100 muertos

*Incendio premeditado

Fuente: The World Almanac, 2009, "Notable Fires Since 1930"

Tabla 2.0. Incendios con mayor número de muertos a nivel mundial

2.1 El fuego y sus propiedades

Para una correcta protección del edificio, es necesario conocer primero las propiedades del fuego y de su propagación, así como los tipos de combustibles que pueden alimentarlo.

A la hora de comprender los mecanismos que provocan el inicio y la subsistencia del fuego, se suele utilizar el “**Triángulo de Fuego**” (Fig. 2.1). Este triángulo contiene en sus vértices los tres componentes principales para iniciar y mantener el fuego: combustible, oxígeno y calor.

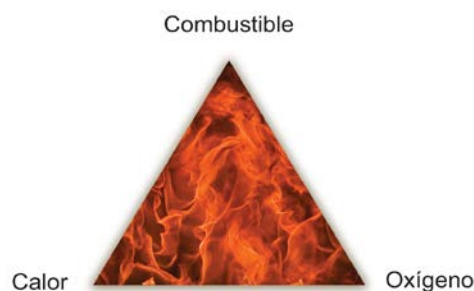


Figura 2.0 Triángulo de Fuego

Sería entonces razonable intentar encontrar algún agente extintor que consiga actuar simultáneamente sobre los tres vértices de dicho triángulo.

Según el tipo de combustible que esté alimentando la llama, podemos distinguir varios grupos de fuegos. Dependiendo del país, éstos se clasifican de forma distinta. Al tratarse de un edificio afincado en territorio español, a continuación se mostrará la clasificación dada por la Unión Europea [13]. Además, también será explicada la clasificación usada en los Estados Unidos de América [13], ya que para el diseño del sistema de protección contra incendios diseñado en el presente proyecto seguirá el manual norteamericano NFPA.

Clasificación según **Europa**:

- **Clase A:** Es el fuego procedente de combustibles sólidos, generalmente orgánicos (madera, papel, algunos, plásticos, tejidos, goma...). Este tipo de fuego es el que prevalecerá en el edificio que se va a proteger, ya que se trata de un edificio dedicado a la docencia universitaria.
- **Clase B:** Este tipo de fuego es producido por materia líquida y sólidos licuables (petróleo, gasolina, pintura, algunos plásticos...).
- **Clase C:** Producidos por gases inflamables (gas natural, hidrógeno, propano...)
- **Clase D:** En este tipo de incendios se ven involucrados metales combustibles, como el sodio, el magnesio o el potasio.
- **Clase E:** Este fuego es producido por equipos o instalaciones eléctricas. Este tipo de incendio también se tendrá muy en cuenta en este proyecto, pues el edificio Sabatini aloja numerosas aulas informáticas. Se verá posteriormente cómo el sistema elegido favorecerá al la extinción de este tipo de fuegos, salvaguardando, en gran medida, la integridad de los equipos.

Clasificación según **Estados Unidos** y, por consiguiente, la **NFPA**:

- **Clase A:** Son los llamados combustibles comunes. Engloba la madera, tejidos, goma, papel y algunos tipos de plástico.
- **Clase B:** Este fuego lo producen los líquidos inflamables y combustibles.
- **Clase C:** Fuegos producidos por componentes eléctricos.
- **Clase D:** Debido a metales combustibles.

2.2 Tipos de sistemas contra incendios existentes

En la actualidad existen varios tipos de sistemas de protección contra incendios, tanto manuales como automáticos. Todos estos sistemas utilizan un agente extintor que apaga el fuego mediante diversos mecanismos, incluyendo el enfriamiento, la dilución o sofocamiento, la inhibición y la eliminación del combustible. Atendiendo al tipo de agente extintor que se utiliza, podemos clasificar los sistemas del siguiente modo:

- **Extinción con Gases Inertes:** Este tipo de agentes extintores tiene como mecanismo principal la extinción del fuego mediante la **dilución del oxígeno**. El gas inerte más utilizado como agente extintor es el dióxido de carbono, a pesar de la existencia del nitrógeno como buen sustitutivo. En caso de incendios de magnesio sería recomendable la utilización del neón, argón o helio aunque su coste sea elevado. Un gran inconveniente del dióxido de carbono, es la posibilidad de asfixia de las personas que se encuentren en una zona de incendio que ha sido inundada por este agente para extinguirlo. De este modo, se precisaría una evacuación completa del personal antes de proceder a la extinción. Por otro lado, al tratarse de un gas, cabe destacar que la eficiencia de este método depende en gran medida del grado de estanqueidad de las zonas incendiadas, lo que supone un importante inconveniente que ha de tenerse en cuenta.
- **Extinción con Agentes Halogenados:** Los sistemas de extinción que utilizan este agente son muy efectivos y relativamente modernos en el ámbito de la protección contra incendios. Sin embargo, su uso está desapareciendo debido a sus efectos nocivos sobre el medio ambiente, ya que se descubrió que guardan una relación muy estrecha con los efectos producidos por los CFCs. Debido a esto, en enero de 1994 la producción de este agente se suspendió en muchos países. El mecanismo de extinción de estos agentes se basa en la **inhibición química** de la reacción en cadena mediante su descomposición térmica. Debido a la gran efectividad del Halón, todavía se utiliza en el contexto militar, al menos hasta su probable desaparición, como puede ser en buques de guerra u otros vehículos militares. Por ejemplo, en Estados Unidos se sigue utilizando en algunos navíos de guerra, mientras que en España se ha optado por el uso de otro tipo de agentes extintores como el agua nebulizada, que ha sido instalada en la Fragata más moderna que poseemos, la F105, que incorpora un sistema contra incendios muy similar al que se va a diseñar en este proyecto para el edificio Sabatini. Una gran ventaja de este tipo de agentes es su gran efectividad incluso en pequeñas concentraciones, con lo que se evita, en gran medida, el problema de asfixia que asociado al uso del dióxido de carbono. Aún así, la toxicidad y corrosividad de sus productos de descomposición y los efectos nocivos para la capa de ozono son motivos suficientes para justificar su eventual desaparición.
- **Extinción mediante el uso de Agentes Químicos Secos:** Estos agentes son una alternativa a la extinción con dióxido de carbono o halones sin el uso del agua, cuyo mecanismo de extinción principal es la eliminación de especies activas, aunque todavía no se han determinado firmemente las reacciones químicas relevantes. También adquieren importancia otras propiedades que poseen estos agentes, como la absorción del calor y el bloqueo de la radiación mediante la formación de una niebla de polvo. La propulsión de este agente o polvo, con un tamaño de partícula de 10 a 75 micrones, se realiza mediante un gas inerte. Existen 5 tipos de polvo de este agente químico, siendo el fosfato de monoamonio el más efectivo cuando se trata de incendios muy arraigados.

- **Extinción con Agua:** Este es el agente extintor más usado debido a su bajo coste y fácil accesibilidad, en comparación con otros líquidos. Además de su disponibilidad, el agua es mejor que cualquier otro líquido para combatir la mayoría de incendios. Entre las grandes ventajas de este agente están su alto calor de vaporización por unidad de masa, hasta 4 veces mayor que el de cualquier otro líquido no inflamable, su no toxicidad y su facilidad de almacenaje, siendo posible realizarlo a presión atmosférica y a temperatura ambiente. Así, se puede concluir que ningún otro líquido conocido puede equipararse a este agente. A pesar de todas estas ventajas, también han de tenerse en cuenta las desventajas. En efecto, el agua es conductora de la electricidad, se congela por debajo de cero grados centígrados, y puede dañar ciertos elementos al protegerlos, aunque en muchos casos sea posible recuperarlos posteriormente. También cabe destacar su escasa eficiencia en incendios de líquidos inflamables, especialmente los que son insolubles y más ligeros que el agua, por ejemplo los hidrocarburos. Posteriormente veremos cómo el sistema elegido, pese a estar basado en el agua, no presenta ninguna de estas desventajas. La extinción del fuego mediante el agua se debe a una combinación de mecanismos, tales como el enfriamiento del combustible, el enfriamiento de la llama, la generación de vapor de agua, que ayuda a evitar el acceso del fuego al oxígeno, así como el bloqueo de la transferencia de calor por radiación si el agua está en forma de niebla. Sin embargo, el mecanismo más importante para la extinción es el **enfriamiento del combustible en gasificación**. Como el agua tiene un alto calor de vaporización, basta que llegue un poco de la misma a la superficie de un sólido en llamas para que se pueda reducir, e incluso detener, la pirólisis y así extinguir el fuego. Esto último se justifica sabiendo que para que un sólido entre en combustión, algún punto del mismo debe alcanzar una temperatura mínima de entre 300 y 400 grados centígrados, para que ocurra la pirólisis a una velocidad suficientemente alta como para mantener la llama. Hoy en día, la aplicación de agua como agente extintor se realiza de diversas maneras, como pueden ser a través de un chorro columnar que da lugar al rocío de manguera, o mediante el uso de rociadores automáticos o *sprinklers*.
- **Extinción con Agua-Espuma:** Los agentes de Agua-Espuma se utilizan para la extinción de incendios de líquidos inflamables, generalmente petróleo, puesto que, como ya se comentó anteriormente, el agua por sí sola no es capaz de extinguir este tipo de incendios. La espuma se compone de una colección compacta de pequeñas burbujas formadas por diferentes métodos, como por ejemplo el uso de soluciones acuosas de agentes espumantes especialmente formulados al efecto. Esto le confiere la capacidad de inundar fácilmente cualquier zona del incendio y, al ser la espuma mucho más ligera que cualquier líquido inflamable, tiene la capacidad de flotar sobre el líquido inflamable creando una capa continua de material acuoso, que desplaza el aire y enfría y previene, e incluso detiene, el proceso de combustión. La ventaja de inundar cualquier zona es también la razón principal por la que se utiliza este agente para la extinción de líquidos o sólidos ardiendo en zonas de difícil acceso.

- **Extinción con Niebla de Agua:** Este tipo de agente de extinción nació como una alternativa a los agentes halogenados, y va a ser el **agente elegido** en el sistema contra incendios desarrollado en el presente proyecto, aunque con algunos matices. Hoy en día se sigue investigando y desarrollando este tipo de agentes, ya que en cada prueba o ensayo que se realiza se demuestra que extingue los incendios de una manera muy exitosa, usando para ello una **combinación simultánea de tres mecanismos diferentes** que actúan, justamente, sobre los tres vértices del triángulo de fuego:

1. **Combustible:** Al tratarse de gotas de agua extremadamente pequeñas, su contacto con el incendio, ya sea en la superficie de la llama o dentro del combustible, se evaporan casi instantáneamente absorbiendo una gran cantidad de calor. En concreto, este agente es capaz de absorber una energía superior a 2 MJ/kg, mayor que la de cualquier otro agente extintor conocido, produciéndose así un gran **enfriamiento** que puede llegar a extinguir el fuego.
2. **Oxígeno:** Las gotas más pequeñas se evaporan en el ambiente caliente incluso antes de llegar a la llama, generando así un gran volumen de vapor de agua, que provoca un aumento del volumen en un factor de aproximadamente 1700, debido a lo cual se **desplaza el oxígeno** y se produce una inertización similar a la producida mediante el uso del dióxido de carbono.
3. **Calor:** La niebla que se produce por las pequeñas gotas **bloquea la transferencia de calor por radiación**.

Cabe mencionar que las gotas de mayor tamaño llegan con mayor facilidad a las superficies incendiadas que las gotas pequeñas que forman la niebla. Sin embargo, este problema desaparece cuando la niebla se orienta y se le confiere una gran cantidad de movimiento inicial, que es exactamente lo que hacen los nebulizadores elegidos en el sistema propuesto. También existe otro problema si las gotas no son lo suficientemente pequeñas, como puede ser la incapacidad de ocupar el volumen suficiente de niebla en el aire para extinguir el fuego, siendo el mínimo de aproximadamente un 15% en peso de niebla en el aire, debido al asentamiento de las gotas de agua en el suelo del habitáculo. Este problema también será solucionado en gran medida mediante el sistema propuesto puesto que, como se verá más adelante, proporcionará poblaciones de gotas lo suficientemente pequeñas como para que este fenómeno de asentamiento sea insignificante. Esto último es debido a la velocidad terminal de las mismas, que disminuye con el tamaño de las gotas. Dicho de otro modo, cuanto menor sea el tamaño de la gota, más tiempo tardará en asentarse. Lo ideal sería obtener una niebla formada por gotas con un tamaño medio de 10 micrómetros, aunque resulta muy difícil obtener un alto número de gotas de dicho tamaño por unidad de tiempo con la tecnología actual.

A continuación se expone la tabla 2.1 que relaciona el tamaño de las gotas con su tiempo de asentamiento a lo largo de una distancia de 0,305 m.

Diámetro (micrómetros)	Tiempo en segundos para sedimentar 0,305 m (1 pie)
5	391
10	99
20	25
50	4

Tabla 2.1. Tiempos de sedimentación de gotas de agua de diferentes diámetros a través de 1 pie de distancia [15]

De todo lo anterior se puede concluir que cuanto menor sea el tamaño de las gotas, y mayor sea su cantidad de movimiento, mejor será el agente extintor de niebla de agua resultante.

2.3 ¿Qué es el agua nebulizada?

El agua nebulizada es, básicamente, la niebla de agua que se acaba de explicar con un tamaño de gota comprendido entre los 50 y 1000 micrómetros. Según la cantidad de movimiento con la que se expulsa la niebla de agua, que a su vez depende de la sobrepresión aguas arriba del dispositivo nebulizador, se pueden distinguir tres tipos diferentes de agua nebulizada según la normativa NFPA [6]: Agua nebulizada a baja, media y alta presión, siendo 33 bar la presión mínima a la que se puede considerar agua nebulizada a alta presión, siendo esta última la elegida para el presente proyecto.

Existen varias compañías que investigan, desarrollan y comercializan este tipo de agente contra incendios. En este proyecto se trabajará con el pionero y líder del mercado de sistemas contra incendios basados en agua nebulizada a alta presión entre los que existen actualmente. Se trata de una empresa norteamericana llamada “Marioff Oy”, y su tecnología referente a todos los sistemas contra incendios basados en agua

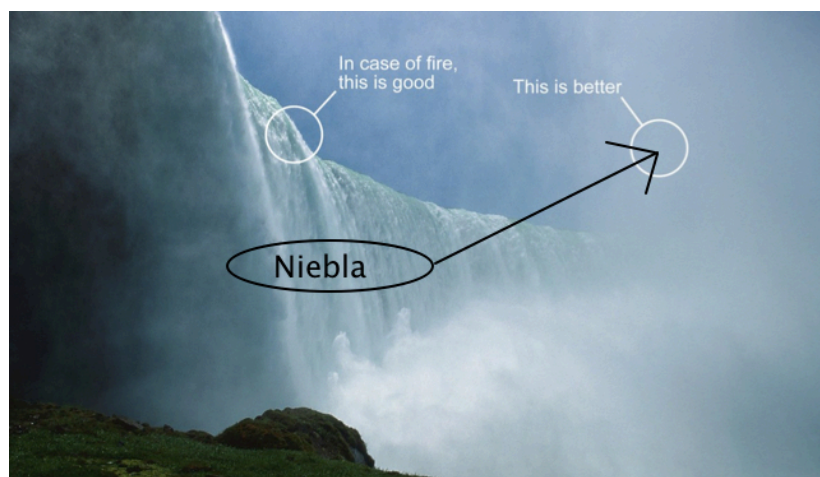


Figura 2.1. Niebla de agua generada por una catarata

nebulizada se conoce genéricamente como sistemas **HI-FOG**.

El sistema HI-FOG utiliza agua nebulizada a alta presión y consigue unos tamaños de gota muy pequeños, conseguidos a través del establecimiento de una alta presión aguas arriba de boquillas o atomizadores especialmente diseñados (Fig. 2.2) para generar e impulsar la niebla a través de agujeros suficientemente pequeños:



Figura 2.2. Boquilla HI-FOG

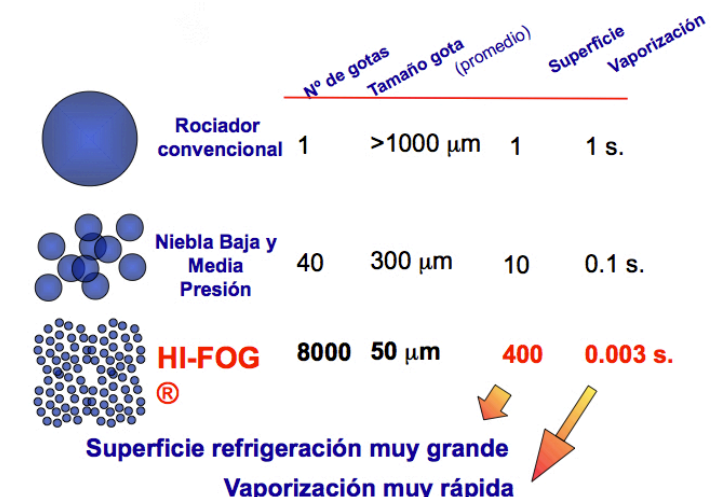


Figura 2.3. Comparación tamaños de gota

En la Fig. 2.3, obtenida de un catálogo de Marioff [16], puede observarse cómo el tamaño de gota de HI-FOG tiene un promedio de **50 micras**, es decir, un tamaño muy pequeño e idóneo para extinguir bien el fuego. Esto se consigue, como veremos más adelante, mediante una altísima presión de suministro, que llega hasta los **200 bar**. Estos dos últimos factores, más la combinación de los tres principales mecanismos de extinción explicados anteriormente, convierten al agua nebulizada a alta presión de HI-FOG en un potente sistema contra incendios.

Otra gran ventaja asociada a este sistema de extinción es que, después de haberse extinguido el incendio, ningún material habrá sido mojado por el agua, ya que la niebla de agua con tamaño tan pequeño de gota hace prácticamente imposible calar los objetos que pueda haber en la zona. Esto lo convierte, entre otras cosas, en el sistema idóneo para proteger zonas donde existan equipos eléctricos o electrónicos, como es el caso de las aulas informáticas del edificio Sabatini. Además, al tratarse de agua no presenta toxicidad y puede haber personas durante la extinción del incendio sin sufrir ningún daño por asfixia. Tampoco precisa de estanqueidad en la zona de extinción, como ocurre en el caso de gases, ni de grandes requerimientos de mantenimiento o de condiciones especiales de almacenaje, puesto que basta con un tanque de agua con las dimensiones requeridas.

Todas estas características y ventajas se han comprobado en los numerosos ensayos que Marioff ha llevado a cabo para probar la eficacia de sus sistemas. Todos estos ensayos también le han otorgado la verificación de numerosas entidades que prueban

este sistema como uno de los más seguros del mercado, cumpliendo siempre con la normativa y exigencias mínimas [17].

2.4 Tipos de sistemas contra incendios de agua nebulizada a alta presión

La tecnología HI-FOG dispone de varios sistemas de protección contra incendios según los diferentes sitios donde vayan a ser instalados, típicamente en barcos o en edificios, y todos ellos usan agua nebulizada a alta presión como agente extintor. A continuación se expondrán brevemente los más usados, terminando con una introducción al sistema que se va a utilizar en el presente proyecto, y que posteriormente será estudiado en detalle.

El **sistema GPU** (Gas Pump Units), ilustrado en las figs. 2.4 y 2.5, es un sistema que utiliza aire o nitrógeno a presión, contenido en botellas, para mover una bomba neumática de pistones alternativos que impulsan el agua a presión hasta las boquillas.

Este tipo de sistemas se suelen utilizar en buques. En buques pequeños, por ejemplo en fragatas, se utilizan GPU adosadas a botellas de nitrógeno o aire que actúan como impulsores del agua, debido a la limitación de la energía de emergencia.



Figura 2.4. Sistema GPU [18]

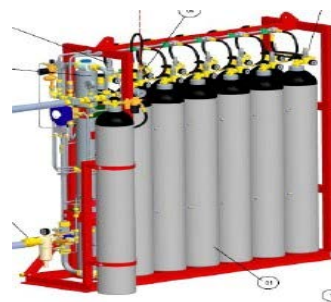


Figura 2.5. Sistema GPU [18]

Un sistema completamente autónomo sería el **sistema MAU** (Machinery space Accumulator Units), que se muestra en las Figs. 2.6 y 2.7. En este sistema se consigue presurizar el agua mediante el uso de nitrógeno comprimido. Al liberar el nitrógeno e introducirlo directamente en la botella de agua, ésta sale presurizada, por otra válvula, junto con el nitrógeno. Así para el funcionamiento de este sistema no haría falta ningún tipo de suministro adicional, ya sea eléctrico, neumático o mecánico. Esta es la razón que conlleva el uso del MAU como sistema auxiliar de emergencia para los sistemas SPU, como posteriormente veremos.

*Figura 2.6. Sistema MAU [18]**Figura 2.7. Sistema MAU [18]*

Otro sistema de presurización de agua es el **DAU** (Double cylinder Accumulator Unit), ilustrado en la Fig. 2.8. Este sistema se utiliza fundamentalmente para salas de ordenadores o de cables. Se suele instalar en el doble fondo de estas salas y es muy eficaz contra el humo, que resulta peligroso para los circuitos electrónicos y derivados. Además, al disponer los conductos en forma de anillo (ver Fig. 2.9), se consigue aspirar todo el humo decantado, así como volver a expulsar agua limpia. El motivo de tener un cilindro de agua boca abajo encima del otro es conseguir una relación agua/gas distinta. Así en la primera de las dos descargas realizadas se expulsará una mayor proporción de agua.

*Figura 2.8. Sistema DAU [18]**Figura 2.9. Forma de anillo del sistema DAU [18]*

Por último, se describirá brevemente el sistema **SPU** (Sprinkler Pump Unit), mostrado en las Figs. 2.10 y 2.11, que es con el que vamos a trabajar. Este sistema es el más potente de todos, y consiste en una **unidad modular** con una serie de motores eléctricos y dos bombas por cada motor. También dispone, en la misma unidad, de un depósito de agua (que varía según el tamaño de la SPU) y todas las conexiones y accesorios necesarios para una correcta impulsión del agua, así como un panel electrónico para controlar el encendido de los motores y el correcto funcionamiento del sistema. La SPU puede ser de diferentes tipos según el tamaño de la zona que se desea

proteger. Por ejemplo, una SPU 3+1 significa que la SPU está equipada con 3 motores con dos bombas cada motor, más uno de redundancia que funcionaría en caso de fallo de alguno de los principales. Estas bombas dan una presión al sistema de entre 80 y 140 bar, necesaria para conseguir agua nebulizada de alta calidad de extinción.



Figura 2.10. Sistema SPU [18]

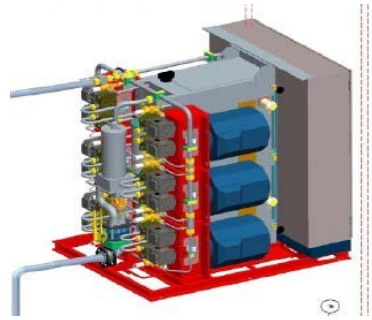


Figura 2.11. Sistema SPU [18]

3. Descripción del edificio

El edificio que se va a proteger recibe el nombre de Sabatini en honor al arquitecto barroco que lo diseñó, Francisco Sabatini. Este edificio fue originariamente un cuartel destinado a dar servicio a la Guardia Civil y posteriormente fue cedido al Ministerio de Educación por el Ministerio de Defensa para la implantación del Campus de Leganés de la Universidad Carlos III de Madrid. Los terrenos militares que albergaban el edificio Sabatini llegaban hasta las vías del tren, ya que el tren daba servicio al cuartel.

Cuando se hizo el proyecto del Campus de Leganés, se contempló la rehabilitación del antiguo edificio barroco para darle un uso nuevo, con aulas, despachos, cafeterías, oficinas de administración y servicio, etc. En general, fue rehabilitado con el fin de proporcionar un uso adecuado para la docencia universitaria.

Las rehabilitaciones del edificio se llevaron a cabo por el arquitecto Francisco Partearroyo, y prácticamente hubo que reconstruirlo entero. Se hizo toda la cimentación nueva, galerías e instalaciones por debajo, todas las estructuras y las cubiertas. Se mantuvo el orden de la fachada, el tamaño de los huecos, la altura y la anchura del edificio, pero no el interior, que le confirió la cualidad de un edificio moderno (ver fotografía de la Fig. 3.0). Se dejó en pie una puerta barroca que da a la Avenida de la Universidad, justo enfrente de la Comisaría de Policía.



Figura 3.0. Edificio Sabatini-Cara Este

Se trata de un edificio de planta cuadrada y tres pisos, además de un sótano y un patio central, con aproximadamente 90 metros de longitud cada fachada (ver Fig. 3.1). En los vértices del cuadrado se ubican cuatro torreones que contienen las escaleras y ascensores. En cada torreón se ubica la centralización de todos los cables e instalaciones (climatización, electricidad, voz y datos, tuberías, etc.) de cada media ala del edificio. Así, desde cada torreón se centralizan dos medias alas adyacentes, con lo que se podría decir que, el edificio en cuestión, se comporta como cuatro edificios independientes en forma de L (de hecho existen juntas de dilatación en los extremos de las alas). Esta particularidad del edificio se ha tenido en cuenta a la hora de configurar el diseño del sistema contra incendios, que en el siguiente capítulo se explicará en detalle.



Figura 3.1. Vista en Planta del Sabatini-Planta Baja

En cuanto a la seguridad frente a incendios de este edificio, cabe destacar que los cuatro núcleos de comunicaciones de las esquinas son sectores independientes, que las escaleras están protegidas, que se dispone de puertas RF en los pasillos, y que se cumplen las distancias y alturas de evacuación especificadas en normativa [4]. La detección de incendios está centralizada, llegando las alarmas al cuarto de control

situado en el edificio Betancourt, y existe también un sistema de megafonía para avisar de los mismos. También se dispone de rociadores en algunos puntos críticos, como el anillo de agua nebulizada en las campanas extractoras de las cocinas, y de extintores de polvo ABC.

Como se comentó al principio de este documento, a mediados del curso académico 2013-2014 se produjo en el edificio Sabatini **un incendio que invadió el ala oeste de su segunda planta**. Este incendio se originó en el Laboratorio del Departamento de Informática, situado en la segunda planta encima de la cafetería. Se desconocen los motivos exactos del incidente, pero se sabe que fue un incendio eléctrico, es decir, que se produjo por el sobrecalentamiento de algún tipo de cable o dispositivo electrónico.

El día del incendio todos los sistemas contra incendios del edificio funcionaron correctamente: saltaron las alarmas, se avisó por megafonía, las puertas RF se cerraron automáticamente, etc. A pesar de ello, se tuvieron que pedir refuerzos a los bomberos, ya que se trataba de un fuego de grandes dimensiones que, según se indicó anteriormente, invadió todo el ala oeste de la segunda planta. Los bomberos se vieron expuestos a bastante peligro debido a las dimensiones del incendio, y se tuvieron que turnar para hacer frente al fuego bebiendo leche en los descansos. Cuando los bomberos abrieron las puertas, el humo se extendió a todo el edificio, con lo que hubo que volver a pintar todas las zonas afectadas. También hubo que reponer todo el material que se consumió y deterioró por el fuego. La reparación que permitió restaurar todo a su estado original costó un total de **248.880,16 euros**.

Llegados a este punto, surge de forma natural la pregunta: ¿Cuál hubiese sido la situación si el edificio Sabatini hubiese estado equipado con el sistema contra incendios que se propone en el presente proyecto? La respuesta, con casi total seguridad, es que se habría extinguido el incendio originario en cuestión de segundos, habiendo que reponer sólo el dispositivo incendiado.

4. Descripción y diseño del sistema contra incendios

En el principio de este capítulo se explicará el sistema contra incendios elegido para la protección del edificio Sabatini, y posteriormente, como contribución principal del trabajo, se expondrá el procedimiento seguido para el diseño, dimensionado y cálculo del mismo. Para concluir, se darán indicaciones sobre la instalación y el mantenimiento del sistema. Finalmente, se calculará el presupuesto total, y se considerarán posibles configuraciones alternativas.

4.1 Sistema contra incendios elegido

En la sección 2.4 se describieron los diferentes tipos de sistemas de suministro de agua nebulizada a alta presión que ofrece la tecnología HI-FOG. El último de todos era el sistema **Sprinkler Pump Unit**, que a partir de este punto será denominado **SPU**. Este equipo de bombeo es el más potente de todos y se suele usar para edificios o grandes embarcaciones. En el caso considerado en este proyecto, se pretende proteger un edificio cuadrado de dimensiones considerables, con unos 90 m cada lado y tres plantas más un sótano. El sistema de bombeo SPU impulsa el agua convenientemente acompañado de una instalación hidráulica con unas características especiales que garantizan el correcto funcionamiento de toda la instalación contra incendios, y que será explicada posteriormente en detalle. Cabe mencionar que, en ocasiones, se suele acompañar el sistema SPU con un conjunto auxiliar de botellas de agua y botellas aire a presión, como el sistema MAU descrito en el apartado 2.4. Así, en caso de fallo del suministro eléctrico, se pondrían automáticamente en funcionamiento. En este trabajo se ha optado por instalar este sistema auxiliar con el fin de evitar cualquier fallo del sistema.

Como ya se mencionó anteriormente, la SPU es una unidad modular constituida por una serie de **motores eléctricos** con **dos bombas acopladas a cada motor**, más uno de redundancia por si falla alguno de los anteriores. Estas bombas son de **desplazamiento positivo**, en concreto de pistones alternativos, y se disponen en paralelo dos a dos y todas ellas conectadas (ver Fig. 4.0). De la salida de agua a presión de la SPU sale una tubería principal que impulsa el agua a presión al resto de la red hidráulica, y mediante ésta a los distintos nebulizadores o boquillas para obtener, finalmente, el agua nebulizada.

Dependiendo del número de motores que tengamos en la unidad modular, cambiará la notación del nombre de la SPU. Por ejemplo, si el sistema posee 3 motores más el de redundancia, el sistema de bombeo se denomina SPU 3+1. Por tanto la SPU elegida dependerá del número de motores que lleve la unidad modular, **porque se requerirá un grupo de bombeo que proporcione el caudal necesario para cubrir la zona más desfavorable del edificio**. Por lo tanto, según el caudal necesario variará el tipo de SPU elegida. El concepto de zona más desfavorable se refiere a la zona con mayor demanda

de agua, que será aquella con mayor superficie de protección. Se profundizará más sobre esto último en el apartado 4.4 dedicado al diseño, cálculo y dimensionado.

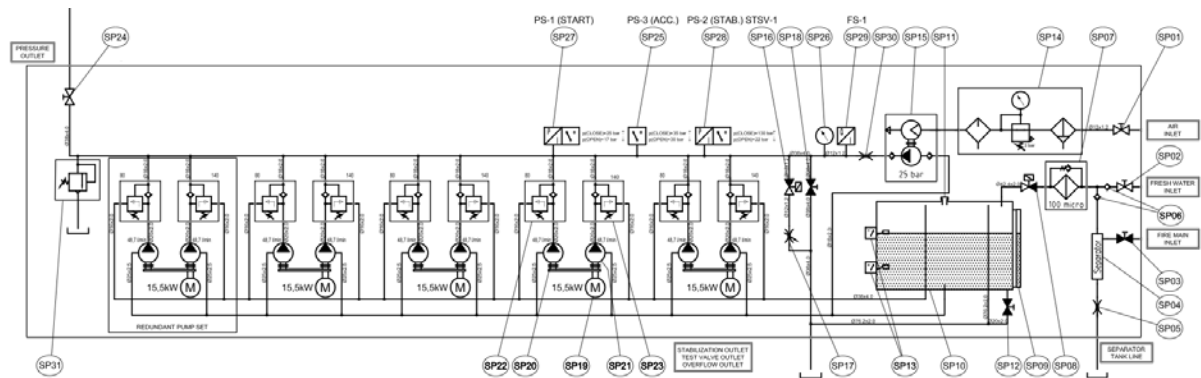


Figura 4.0. Esquema de una SPU 4 + 1

4.2 Distribución y funcionamiento

La distribución de la instalación que se propone en este trabajo proporcionará una protección total al edificio Sabatini, a excepción de los baños y el sótano. Las Figs. 4.1 a 4.5 muestran los planos de cada una de las plantas del edificio Sabatini (ver también ANEXO A).

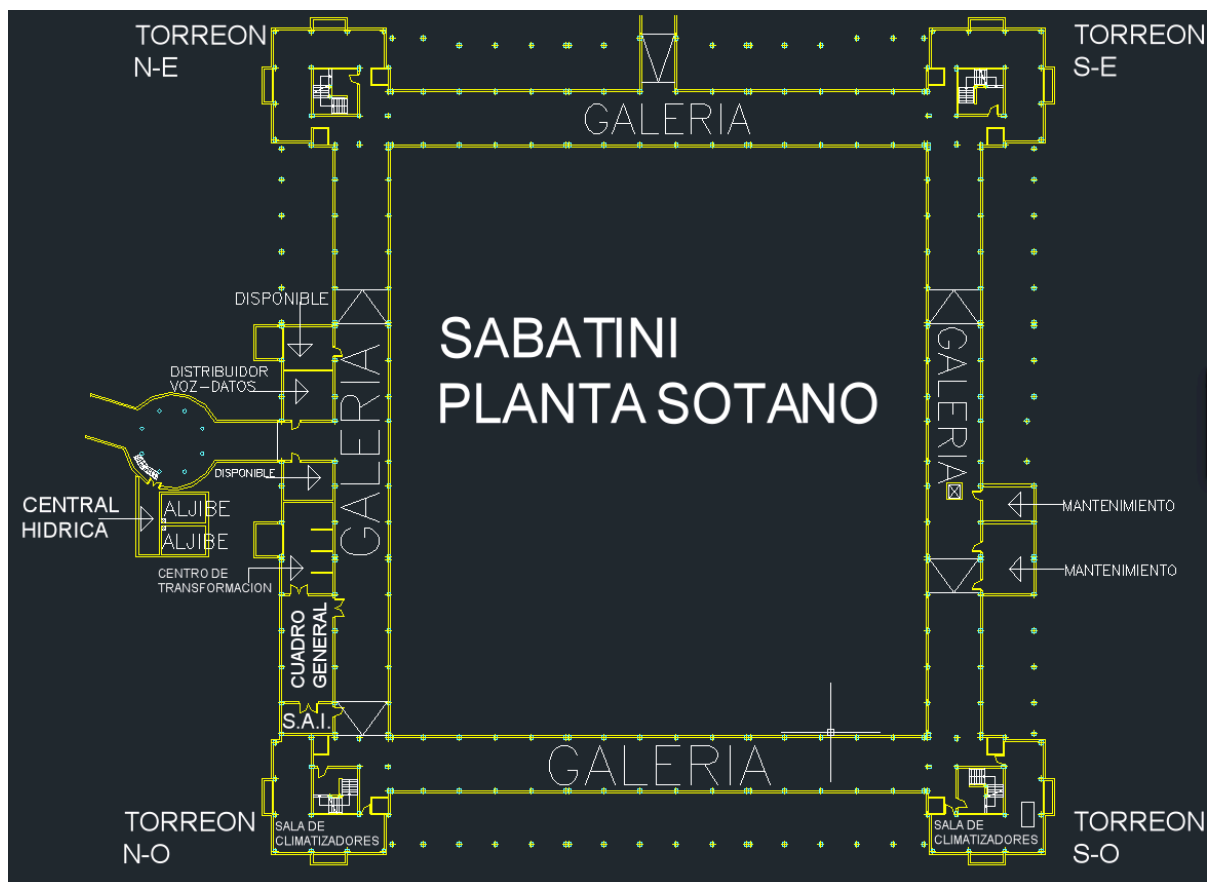


Figura 4.1. Vista en planta del Sótano, edificio Sabatini - AutoCAD

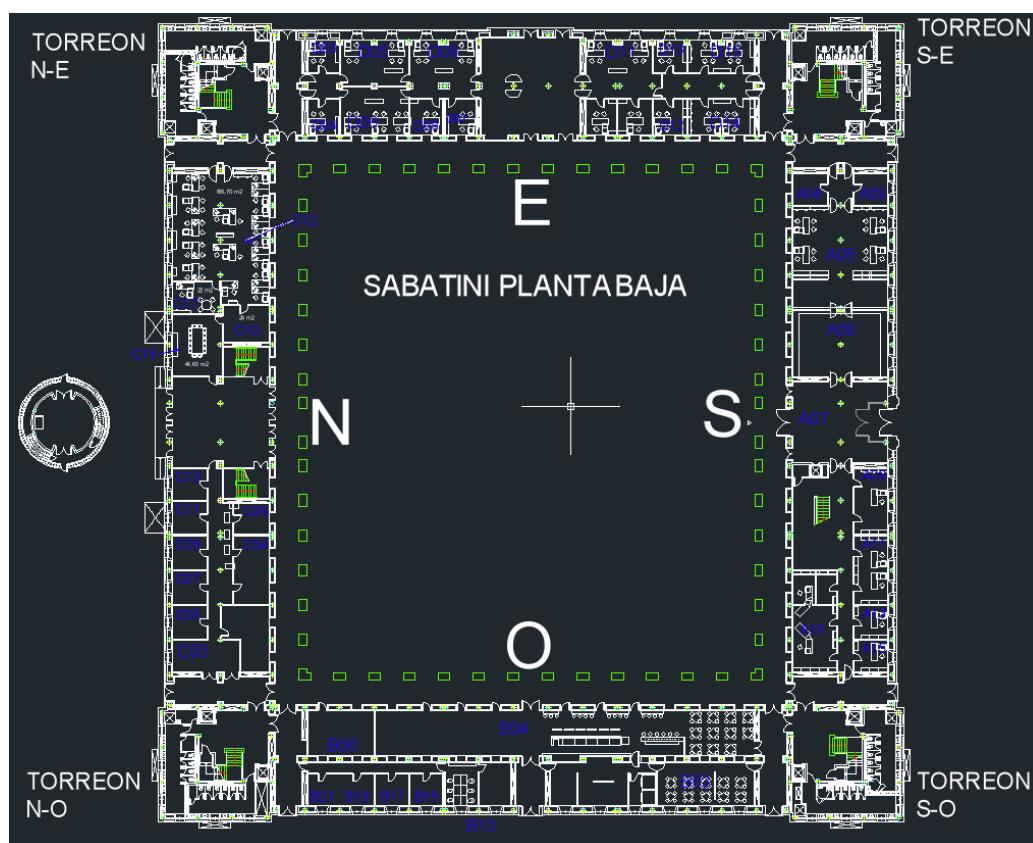


Figura 4.2. Vista en planta de la planta baja, edificio Sabatini - AutoCAD

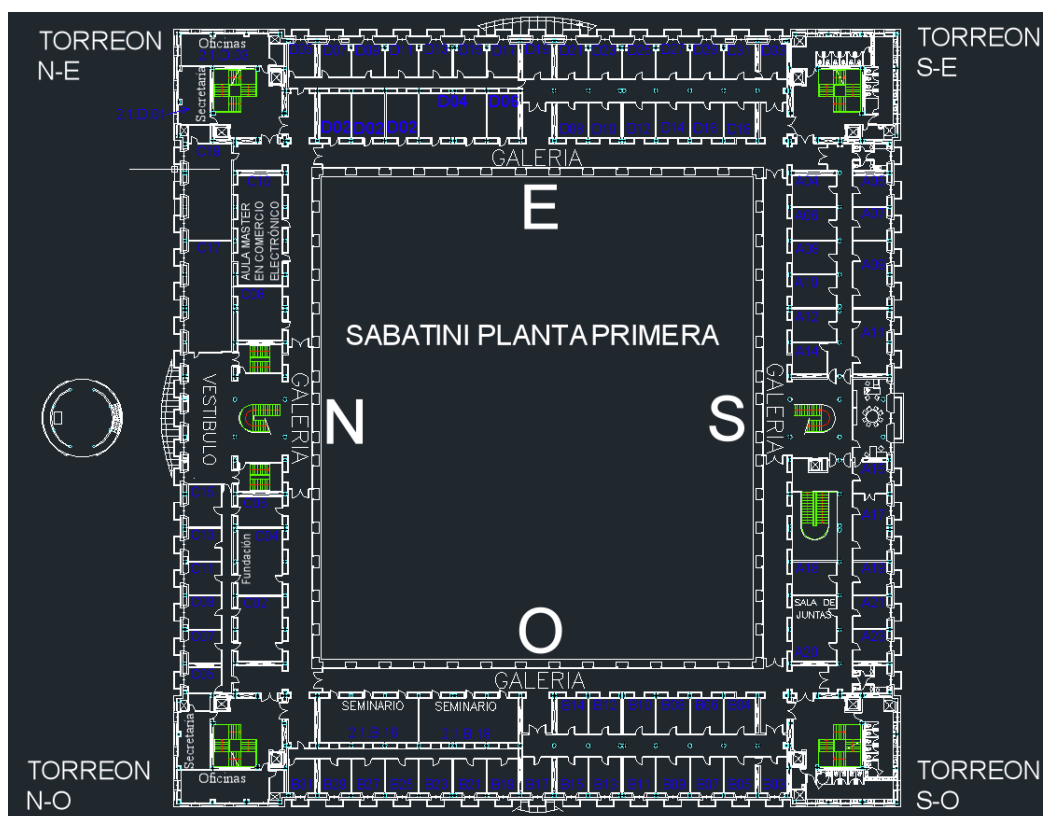


Figura 4.3. Vista en planta de la planta primera, edificio Sabatini - AutoCAD

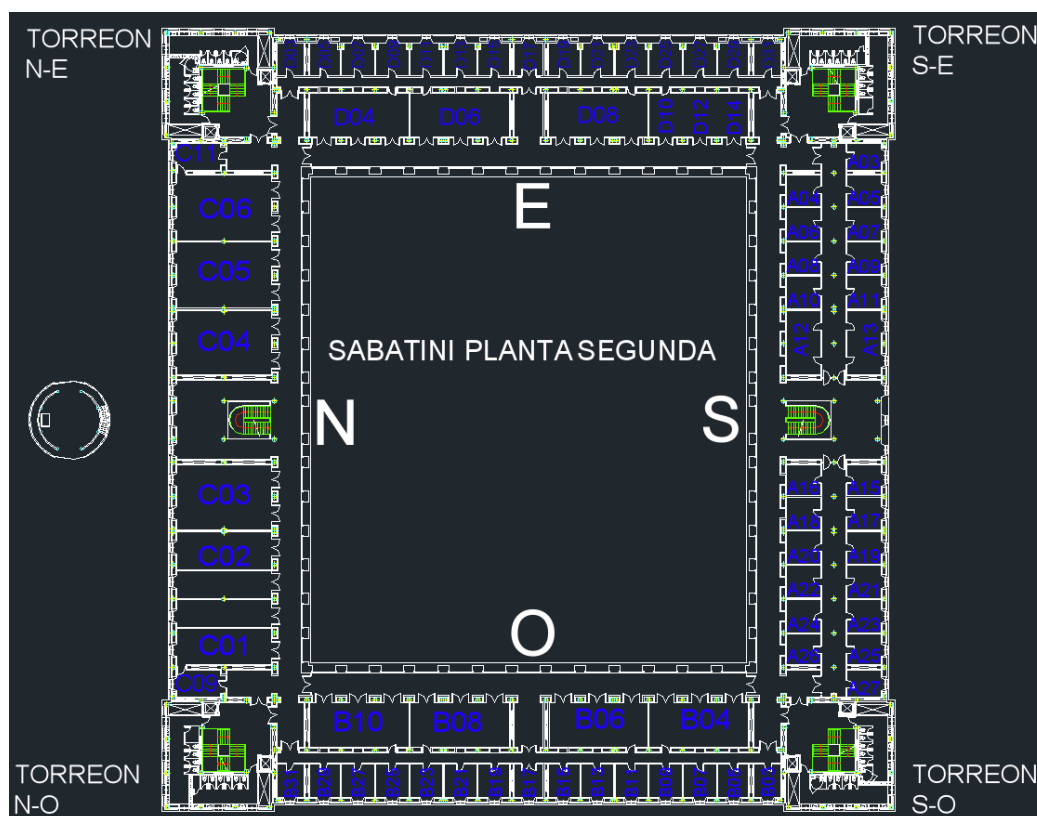


Figura 4.4 Vista en planta de la planta segunda, edificio Sabatini – AutoCAD

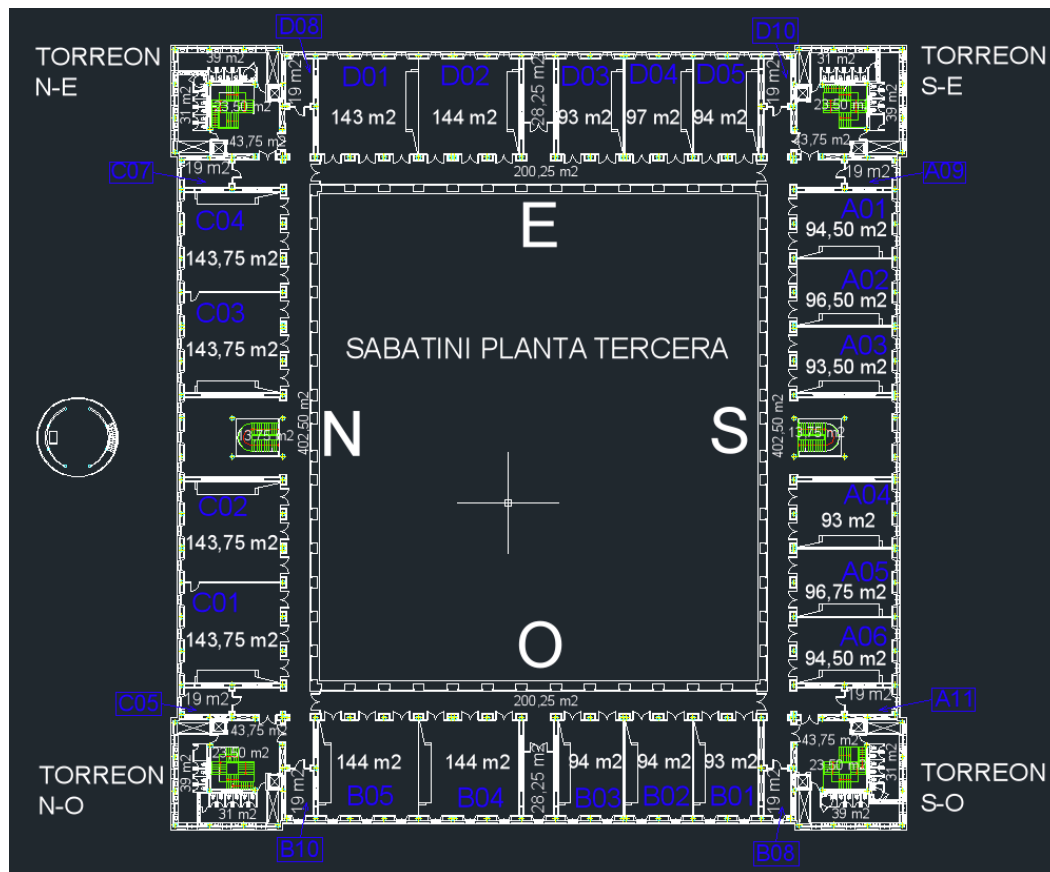


Figura 4.5. Vista en planta de la planta tercera, edificio Sabatini - AutoCAD

Mediante el programa AutoCad® se ha dibujado toda la red de tuberías, accesorios, sistema de bombeo (SPU), tanque de almacenamiento de agua y sistema de bombeo auxiliar sobre los planos del edificio (ver Figs. 4.6 a 4.10 y ANEXO B). En el sótano se ha colocado la SPU, el tanque de almacenamiento y el sistema auxiliar. Desde esta misma planta se distribuye a todas las superiores a través de las cuatro escaleras situadas en los torreones, dispuestos en las cuatro esquinas del edificio.

La idea de evitar las pérdidas de carga en la mayor medida posible y la configuración de centralización de todos los sistemas existentes en el edificio, diseñados para servir desde cada torreón a las dos medias alas adyacentes, como se indicó anteriormente, determinaron la distribución de la red hidráulica. Así, se optó por **abastecer con agua a cada media ala desde cada torreón en cada planta** (Ver ANEXO B), configuración que resulta óptima desde el punto de vista de la metodología de mantenimiento del edificio. En el caso de que haya que sustituir una boquilla, o realizar cualquier otro tipo de mantenimiento sobre el sistema hidráulico, habrá que cerrar la válvula de sección del torreón que permite el paso del agua a esa media ala. De este modo se dispondrán **dos válvulas de sección independientes en cada torreón y planta**, de forma que puedan controlarse independientemente las 8 alas que conforman cada planta, y por tanto las 32 que conforman el edificio.

Desde la SPU sale la tubería de mayor diámetro, 38 mm, que se encarga de distribuir el agua hasta los torreones en todas las plantas hasta las válvulas de sección. Desde las

válvulas de sección de cada planta sale la tubería que distribuye el agua a lo largo del ala correspondiente, de diámetro de 30 mm, a los bloques de distribución, y desde cada bloque de distribución salen las tuberías de menor diámetro, 12 mm, que distribuyen el agua hasta los nebulizadores.

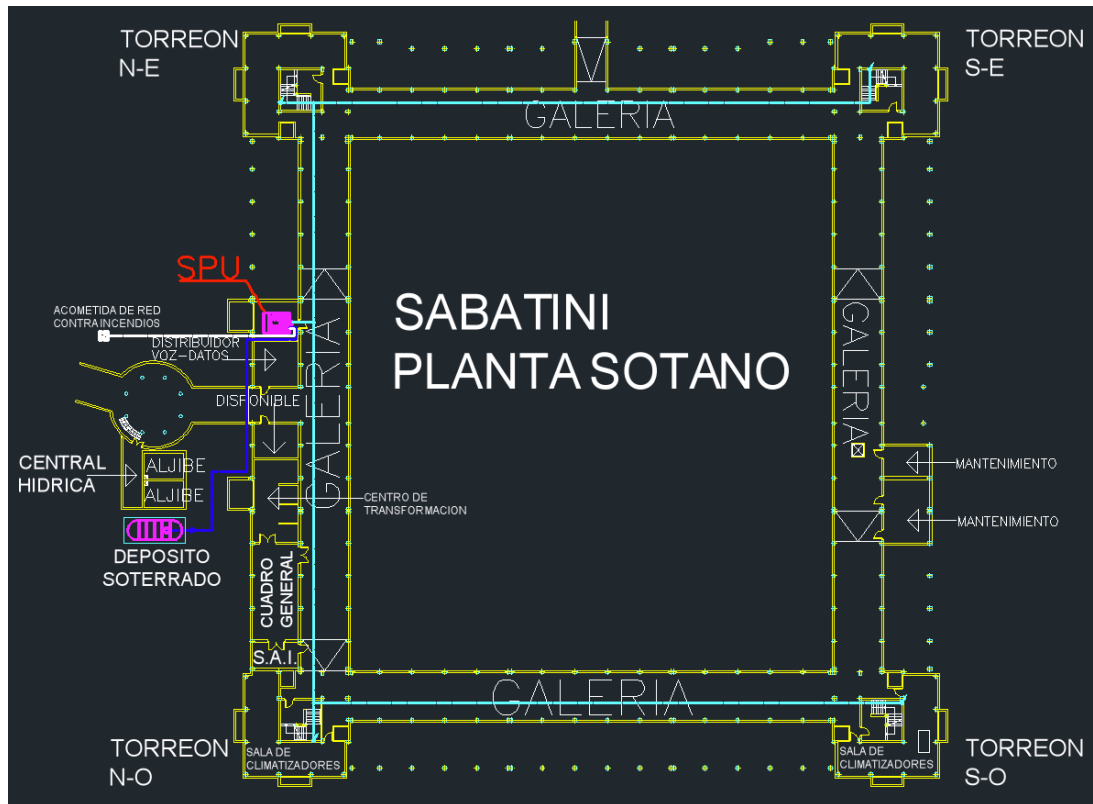


Figura 4.6. Vista en planta del sótano con la distribución del sistema - AutoCAD



Figura 4.7. Vista en planta de la planta baja con la distribución del sistema - AutoCAD

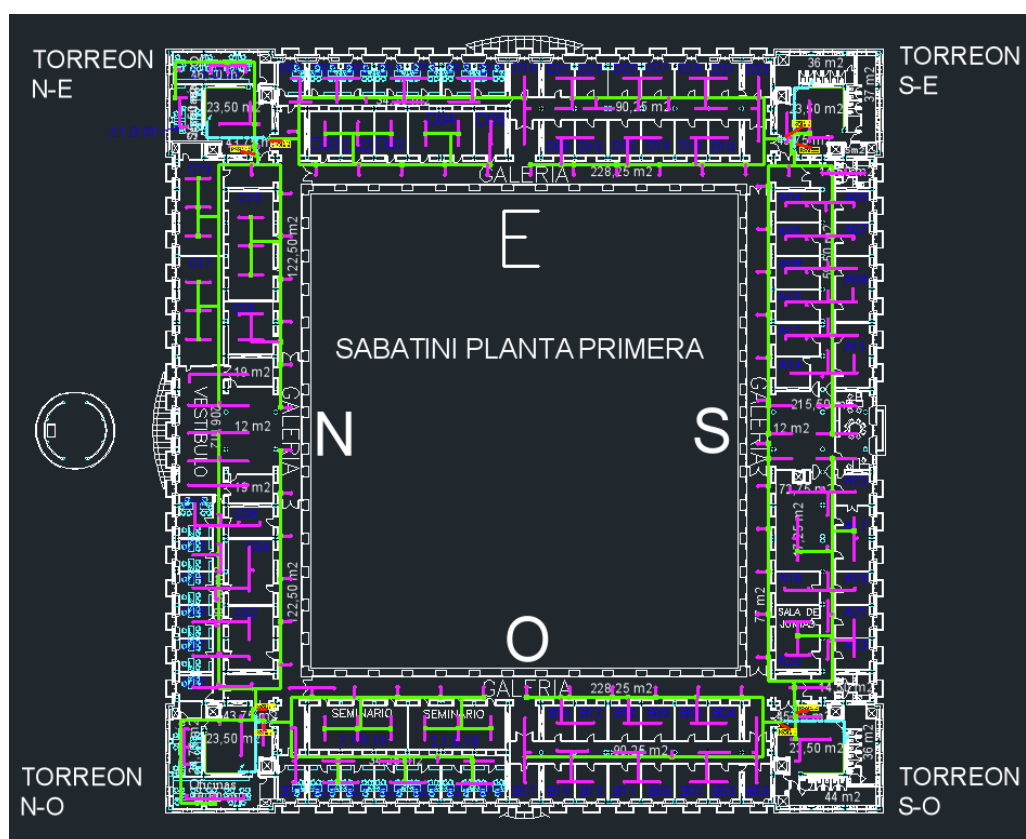


Figura 4.8. Vista en planta de la planta primera con la distribución del sistema – AutoCAD



Figura 4.9. Vista en planta de la planta segunda con la distribución del sistema - AutoCAD

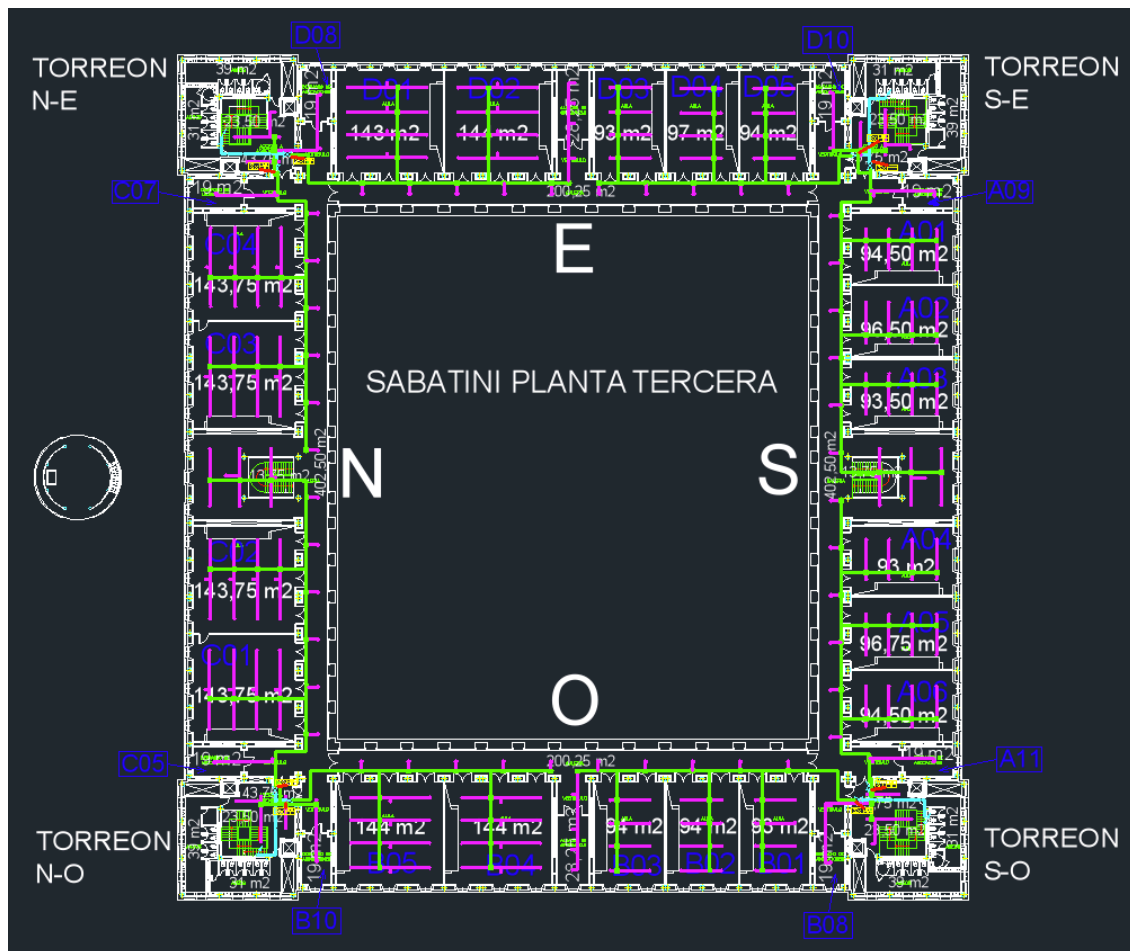


Figura 4.10. Vista en planta de la planta tercera con la distribución del sistema - AutoCAD

A continuación se procederá a explicar brevemente el **funcionamiento global** del sistema completo:

Cuando el sistema se encuentra en reposo, todas las tuberías se encuentran **llenas de agua** hasta las boquillas, a una presión de **25 bar**, con las válvulas de sección siempre abiertas. Esta presión es suministrada por una unidad especial denominada “**Jockey**”, que consta de una bomba neumática y de una válvula, y cuya única función es la de mantener una presión constante de 25 bar en el sistema cuando éste se encuentre cerrado o en reposo. Cuando se inicia un fuego en cualquier espacio protegido, la llama aumentará la temperatura de la habitación y, cuando llegue a **57 Cº**, reventarán unos bulbos especiales que contienen las boquillas. Cuando revienten dichos bulbos el agua, que estaba a una presión de 25 bar, empezará a salir por las boquillas haciendo que la presión caiga. La bomba neumática de la unidad Jockey intentará compensarlo, pero al ser incapaz de hacerlo, un presostato enviará una señal para que arranque el sistema de bombeo SPU y se inicie la descarga de agua nebulizada. Finalmente el agua a alta presión saldrá por las boquillas cuyo bulbo haya sido destruido por la subida de temperatura.

El sistema lleva incorporado una serie de elementos de seguridad, como válvulas de presión, que impiden que la presión en el circuito superen los 140 bar. A su vez, la SPU también dispone de una válvula de seguridad a la salida que impedirá una impulsión del agua a más de 140 bar. Una última característica de interés es que la SPU recircula el agua sobrante al tanque de servicio.

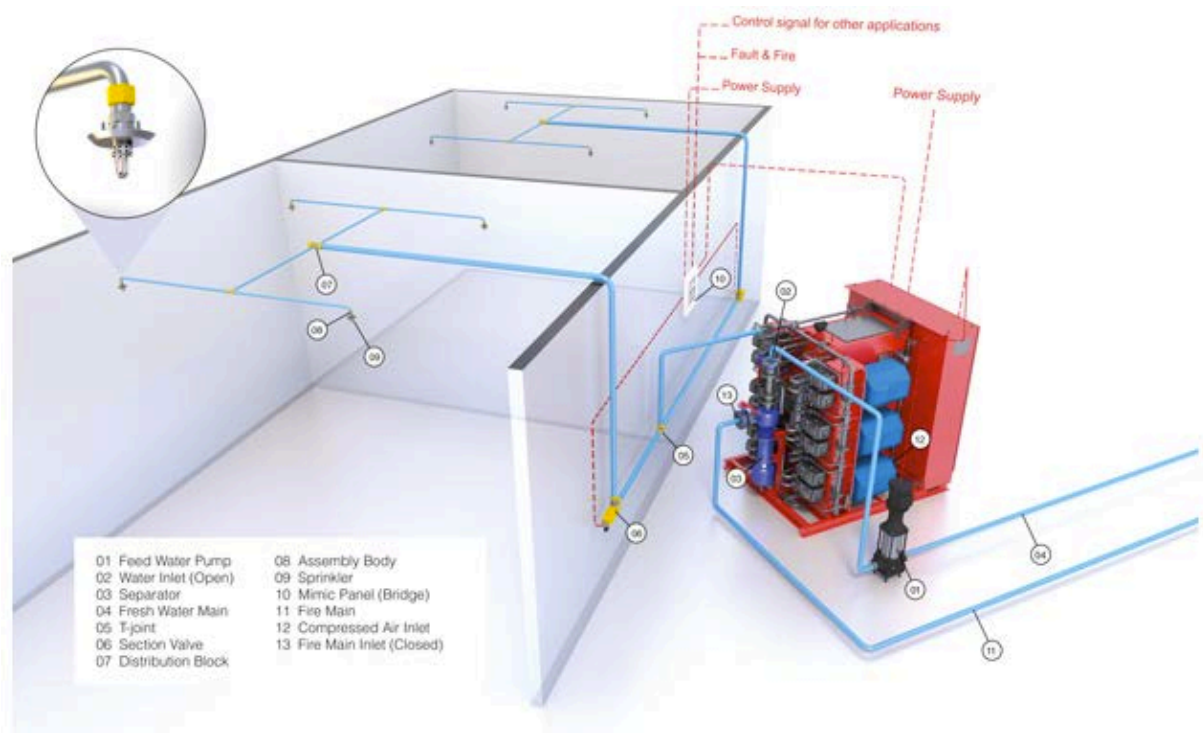


Figura 4.11. Esquema simplificado de distribución de componentes

4.3 Componentes del sistema

A continuación se expondrán todos los componentes necesarios para la instalación, y se describirán las características más relevantes de los mismos. Para una información más detallada, el lector puede consultar las hojas técnicas de todos los componentes que se recogen en el ANEXO C del documento.

- **Tuberías principales:** Las tuberías que se van a instalar, que contienen o conducen el agua a presión, son de acero inoxidable AISI 316L. Estas tuberías de alta presión no llevan codos, aunque en AutoCAD® se dibujen como codos, pues se curvan con una herramienta especial llamada dobladora, y nunca superan los 6 metros de longitud cada pieza fabricada.

En la instalación se dispone de tres diámetros diferentes de tuberías según la parte de la misma en la que se sitúen. Los diámetros son de 38, 30 y 12 mm. Es interesante señalar que HI-FOG dispone de tuberías de hasta 60 mm de diámetro para sus sistemas.

El motivo de escoger este tipo de acero se debe a las grandes presiones que deben soportar las tuberías, y a la buena conservación que se espera de ellas. En particular, HI-FOG sólo utiliza este tipo de tuberías para sus sistemas.



Figura 4.11. Tuberías Acero Inoxidable AISI 316L-12 a 60 mm

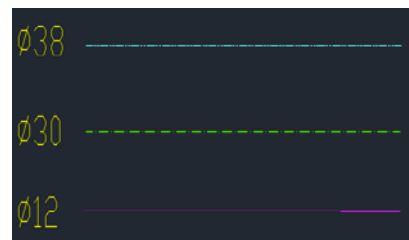


Figura 4.12. Tuberías utilizadas - AutoCAD

- **Uniones tubo-tubo:** Como se comentó en el punto anterior, la longitud máxima de cada pieza de tubo fabricada es de 6 metros, con lo que se necesitarán uniones tubo-tubo en los tramos donde se superen estas longitudes. Habrá tres tipos de uniones tubo-tubo diferentes según sea el diámetro del que se trate (38, 30 o 12 mm). Ver el ANEXO C para más detalles.
- **Abrazaderas tipo “clamp”:** Este componente se encarga de la sujeción de todo el sistema de tuberías. Estas abrazaderas se pueden fijar directamente a la pared o mediante un soporte de acero (perfil en L), soldado o atornillado a la pared, que sirva de base para soldar las abrazaderas.

Cada tipo de tubería tendrá una distancia mínima entre sujeciones. Estas distancias están determinadas por la NFPA o, incluso, por el propio sistema HI-FOG, ya que ha realizado los ensayos pertinentes. Como los valores proporcionados por la NFPA son para un uso más general, y son por tanto más restrictivos, nos basaremos en los de HI-FOG al ser específicos para este tipo de sistema hidráulico. Así, tenemos los siguientes valores (tabla 4.0):

Diámetro Tubería	Distancia entre sujeción
12 mm	2,5 m
30 mm	4 m
38 mm	4,5 m

Tabla 4.0. Distancias entre sujeciones según diámetro de tubería

- **Válvulas de seccionamiento:** En las cuatro esquinas del edificio, y en todas las plantas, se instalarán dos válvulas de seccionamiento cuya función es la de controlar el paso del agua a cada una de las medias alas del edificio. Todas estas válvulas están identificadas según la parte que seccionan y tienen una entrada

de diámetro 38 mm y una salida de 30 mm para las respectivas tuberías que conectan.

Las válvulas de sección deberán estar siempre abiertas, puesto que el agua llega hasta las boquillas a una presión de 25 bar cuando el sistema está en reposo. En las labores de mantenimiento o reparación, siempre podrá aislarse cualquier parte protegida del edificio. También cabe destacar que son válvulas de activación manual e incorporan de un caudalímetro y un presostato, que indicarán si el sistema está abierto o cerrado en cada instante.



Figura 4.13. Válvula de Seccionamiento



Figura 4.14. Válvula de Sección - AutoCAD

- **Bloques de Distribución:** Este tipo de accesorio es el encargado de distribuir el agua de las tuberías de 30 mm de diámetro a las de 12 mm. El bloque tiene dos salidas de 12 mm y otra de continuidad de 30 mm. Existe otro bloque con 4 salidas de 12 mm, pero en el presente proyecto no ha sido preciso su uso.
-

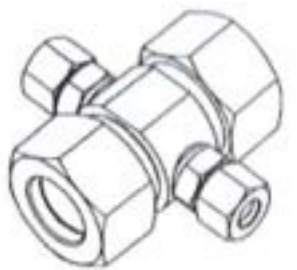


Figura 4.15. Bloque de distribución- 2 salidas 12 mm



Figura 4.16. Bloque distribución - AutoCAD

- **Pieza T:** Esta pieza posibilita la bifurcación del agua en otras dos direcciones en la tuberías. Cada tipo de tubería tiene su propia T con los mismos diámetros de entrada y salida.
- **Boquillas (también llamado nebulizadores o “sprinklers”):** Este dispositivo de alta tecnología es uno de los principales componentes del sistema, pues es el encargado de la **nebulización o atomización fina del agua**. El diseño interno de estas boquillas es muy complicado, y se ha invertido mucho tiempo y dinero en su desarrollo. Como es fácil de imaginar, la configuración exacta del interior de los nebulizadores es información protegida por patentes del fabricante “Marioff Oy”. Estas boquillas son capaces de nebulizar agua mediante alta presión con muy buena calidad y un tamaño de gota muy pequeño, con las consiguientes ventajas que se explicaron en el apartado 2.3, y requieren una presión de inyección mínima de 65 bar para conseguir la niebla de prestaciones anti-incendio óptimas.

Existen muchos tipos de boquillas fabricadas con la tecnología Hi-Fog, pero se pueden dividir en dos grupos según el uso que se les vaya a dar. Así, en zonas destinadas a la ocupación y uso por personas, como aulas, bibliotecas, pasillos despachos, laboratorios etc. se encuentra el primer grupo de nebulizadores. Este tipo de nebulizadores se caracteriza por poseer un **bulbo** que romperá a una determinada temperatura, con la consecuente **activación automática del sistema** contra incendios, como se explicó anteriormente. Existen diferentes tipos de bulbos según la temperatura a la que rompan, y el color del bulbo indica la temperatura máxima que soporta. En el sistema proyectado, las boquillas tienen un bulbo de color naranja, lo cual supone que romperá a los 57Cº. **Este grupo de boquillas es el que se ha usado para diseñar la instalación contra incendios.** Se han utilizado, concretamente, dos tipos: la Boquilla “1B 1ME 6MF 10RA” (Fig. 4.17) para cubrir la mayor parte de las habitaciones del edificio, con una cobertura de descarga de agua de 16 m², cada una, para habitaciones con superficies iguales o menores a 16 m², o 12,3 m² en habitaciones o zonas abiertas con superficies mayores a 16 m² (ver ANEXO C) y la Boquilla “Serie 2000” (Fig. 4.18) para cubrir los pasillos y alguna habitación particular. Las Boquillas “Serie 2000” cubren 25 m² en superficies abiertas, mientras que en pasillos estrechos cubren una longitud de pasillo de 5,4 m (ver ANEXO C). Estas coberturas de descarga de agua de cada tipo de boquilla, han sido determinadas mediante numerosos ensayos realizados por Marioff.



Figura 4.17. Boquilla con Bulbo HI-FOG "1B 1ME 6MF 10RA"

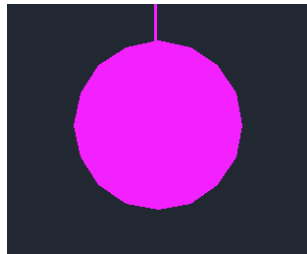


Figura 4.19. Boquilla "1B 1ME 6MF 10RA" - AutoCAD



Figura 4.18. Boquilla con Bulbo HI-FOG "Serie 2000" (pasillos)

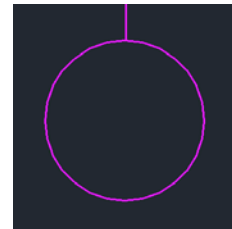


Figura 4.20. Boquilla "Serie 2000" - AutoCAD

El otro grupo de boquillas, que no ha sido utilizado para este proyecto, se compone por nebulizadores **sin bulbo**. Esto último se traduce, básicamente, en una **activación manual del sistema**. De este modo las válvulas de sección para este tipo de boquillas serían de otro tipo. Este tipo de válvulas de sección se caracteriza por estar siempre cerradas y por una activación automática mediante un solenoide cuando se ejecuta la orden desde algún cuadro de control, aunque también se pueden manejar manualmente. De este modo, cuando el sistema está en reposo, el agua llegaría hasta las válvulas de sección y no a las boquillas como ocurre en el diseño implementado en este proyecto. Este tipo de boquillas y válvulas se suelen utilizar para zonas que no están destinadas a la ocupación humana, como zonas de maquinaria, centros de procesamiento de datos, almacenes, etc. En particular, es interesante señalar que los vagones del Metro de Madrid están equipados con este tipo de boquillas de tecnología Hi-Fog. Este caso sería una excepción al uso común, pero por una serie de motivos, como el vandalismo, se decidió usar la activación manual. El sistema completo está monitorizado, centralizado y controlado en todo momento, con lo que la activación del mismo dependerá de la persona que esté a cargo.



Figura 4.21. Boquilla sin bulbo HI-FOG



Figura 4.22. Válvula de Sección con solenoide

Todas las boquillas deben llevar un **ensamblaje** para asegurar una correcta fijación a la tubería. Este ensamblaje dispone de una válvula de retención que impide la salida del agua por la boquilla en el caso de desenroscarla para una sustitución, en caso de olvido del cierre de la correspondiente válvula de sección.

- **Alarma acústica luminosa:** Como su nombre indica, se trata de una alarma sonora con luz. Cada zona de válvula de sección debe llevar como mínimo una alarma acústica luminosa en el pasillo de escape o salida de emergencia para indicar que el sistema está activado.
- **Panel MIMICO:** Este panel es un panel de alarmas centralizado que indica el estado del sistema contra incendios. Tendrá una alarma para cada sección protegida del edificio (cada válvula de sección). Si se activa el sistema, el panel indicará la sección o media ala donde se está descargando agua.
- **Tanque de Almacenamiento (externo a la SPU):** El sistema de bombeo SPU ya lleva incorporado un tanque de almacenamiento de un tamaño considerable (600 litros), pero para reponerlo en caso de agotamiento se ha instalado un tanque de almacenamiento externo capaz de suministrar durante 30 minutos el caudal necesario para la extinción de un incendio que ocupe **toda** la zona más desfavorable del edificio. En realidad, el tanque es capaz de suministrar el caudal máximo que proporciona la SPU, que es ligeramente mayor que el necesario para la zona más desfavorable. En el siguiente apartado se detallará el cálculo de este tanque y el motivo de diseñarlo para suministrar agua durante 30 minutos.

Para su ubicación se ha optado por escavar un agujero cercano a unos aljibes ya existentes en la Planta Sótano, e introducir un depósito especial soterrado (VER ANEXO B). En esta ubicación existe espacio suficiente para su instalación, y se evitarían los problemas de sobrecarga estructural que podrían aparecer si se

instalasen en las plantas superiores. Como la SPU no aspira, habrá que instalar una bomba recirculadora intermedia.

- **Bomba recirculatoria:** Esta bomba de agua será la encargada de bombear el agua desde el depósito de almacenamiento de agua soterrado hasta la SPU.
- **Sistema de Acumuladores o Batería Auxiliar de Botellas:** Este sistema consiste en un grupo de botellas de agua y botellas de nitrógeno comprimido (Sistema MAU) conectadas a la instalación. En caso de fallo del suministro eléctrico, y por lo tanto en ausencia de los motores eléctricos que accionan las bombas, este sistema se pondría en funcionamiento.

El funcionamiento se basa en la compresión del agua de las botellas mediante el nitrógeno comprimido en las otras. De este modo estarían conectadas las botellas de nitrógeno a las de agua y estas últimas a la instalación. Por cada botella de agua sería necesaria una de nitrógeno.

A continuación se expone un esquema (Fig. 4.23) para la mejor compresión de este sistema auxiliar. El cálculo de este sistema se hará en el siguiente apartado.

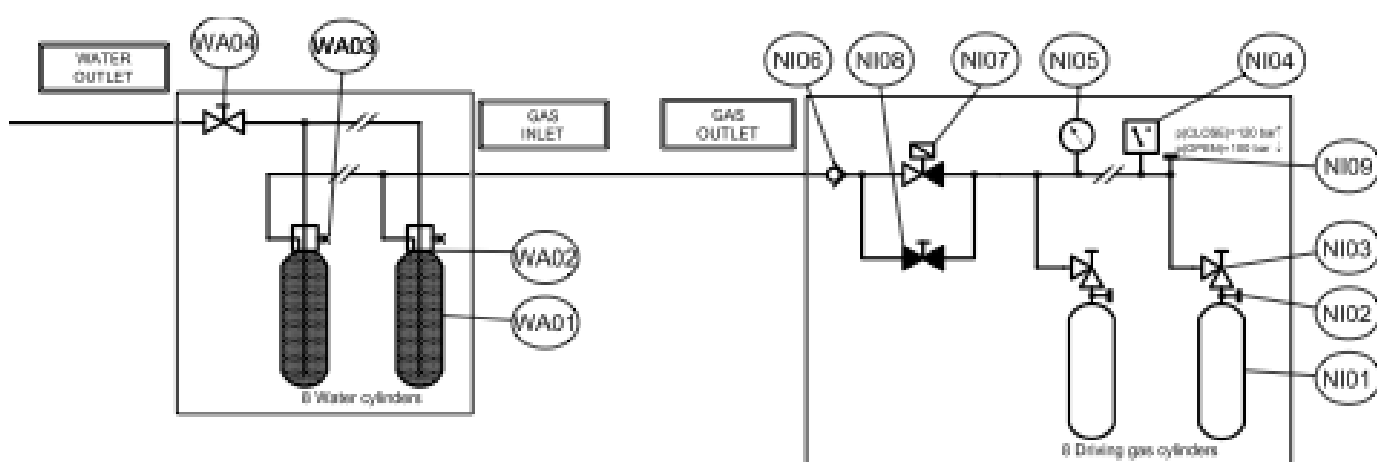


Figura 4.23. Esquema de Acumuladores – 2 botellas de agua y dos botellas de nitrógeno comprimido

- **Unidad de Bombeo SPU:** Esta unidad ya ha sido explicada anteriormente y será finalmente una SPU 6+1. La explicación detallada, incluyendo los cálculos necesarios para la elección de esta SPU, se mostrarán en el siguiente apartado, junto con los cálculos del tanque de agua y de los acumuladores. Esta SPU lleva incorporado, además de todo lo ya descrito, un panel de control de arranque donde se podrá controlar y visualizar todo lo referente al funcionamiento del sistema de bombeo. La SPU también lleva incorporada una válvula de seguridad que impedirá que se supere una presión de 140 bar a la salida. Recuérdese que todos los componentes de la SPU están en la misma unidad modular.



Figura 4.24. Vista lateral de una SPU 6 + 1



Figura 4.24. Vista frontal de una SPU 6 + 1

- **Tubería de conexión DN 65:** Estas tuberías conectan la SPU al tanque de almacenamiento y a la acometida de la red de agua contra incendios. Son tuberías de acero al carbono DN 65, $\varnothing 2'' 1/2$ y están soldadas (no hay uniones tubo-tubo).
- **Bridas DN 65:** Estas bridas conectarán la salida de la SPU con el conjunto de tuberías anterior.

Por último, cabe adelantar que en el capítulo 5 se hará un listado completo con todos los elementos que componen el sistema y sus respectivos costes.

Debido a las altas presiones a las que se trabaja, todos los componentes del sistema aguantan unas presiones altísimas. Así las tuberías y accesorios son capaces de aguantar más 400 bar y las boquillas y válvulas de sección pueden trabajar hasta 200 bar, habiendo sido probadas a 300. La limitación de la presión a 140 bar en todo el sistema nos garantizará un funcionamiento y conservación óptimos para la instalación.

4.4 Diseño, cálculo y dimensionado

Este apartado se dedicará a explicar en detalle el diseño completo del sistema avanzado contra incendios para el edificio Sabatini.

En primer lugar vamos a explicar razonadamente la distribución del conjunto tuberías-boquillas. Posteriormente se procederá a calcular el dimensionado del sistema de bombeo, el tanque de agua y los acumuladores. Finalmente, se hará un cálculo de pérdidas de carga para garantizar que, en la zona más desfavorable, se obtiene la presión mínima de 65 bar necesaria para la correcta nebulización del agua, como se comentó en el apartado 4.3.

4.4.1 Distribución

Como se adelantó en el apartado 4.2, se ha optado por distribuir el agua a todo el edificio en forma de **árbol**. En particular, por las 4 escaleras de las esquinas o torreones, subirán las tuberías de mayor diámetro, que están conectadas directamente a la SPU, y desde cada torreón, en cada planta, se distribuirá mediante las tuberías de 30 mm de diámetro a todas las medias alas de cada planta. Desde todos los bloques de distribución saldrán las tuberías de 12 mm que alimentarán las boquillas. Esto es posible gracias a las dos válvulas de sección instaladas en cada planta-torreón, que permitirán el paso del agua a cada media ala adyacente al torreón. Cabe destacar también que se ha evitado la sobrecarga de boquillas en cada uno de los dos ramales de tuberías que salen de los bloques de distribución, instalando no más de 4 o 5 boquillas por ramal.

Para la **distribución de las boquillas** se ha tenido en cuenta la superficie que cubre cada una de ellas, esto es, la superficie de agua nebulizada que es capaz de abarcar. Así, en todas las habitaciones y pasillos se han instalado un número de boquillas tal que sus superficies estén completamente cubiertas y, por lo tanto, protegidas. Por ejemplo, en las habitaciones con 15 m² de superficie, la instalación de una única boquilla modelo 1B

1ME 6MF 10RA, de 16 m² de cobertura en superficies menores a 16m², es suficiente. Cuando la superficie es más grande, hay que tener en cuenta que este modelo de boquilla ya no cubre 16 m², sino 12,3 m², con lo que se procedió a distribuir la superficie en bloques de 12,3 m² para cubrir completamente estas zonas. En los pasillos se ha seguido la misma dinámica, pero utilizando el Sprinkler Serie 2000, cuya cobertura en pasillos estrechos es de 5,4 m. De este modo, se ha cubierto absolutamente todo el edificio desde la planta baja hasta la planta 3, exceptuando los baños.

4.4.2 Dimensionado

El sistema de bombeo es el componente más importante de la instalación, pues es el responsable de que el agua llegue a las boquillas con un **caudal y una presión** necesarios para la correcta y efectiva extinción del incendio. En nuestro caso se trata de una SPU y su tamaño vendrá dado por el caudal que necesitemos. Para saber este caudal debemos encontrar la zona más desfavorable del edificio o, en otras palabras, la superficie más grande donde un eventual incendio podría expandirse sin obstáculos como muros de contención, puertas, etc. La zona más desfavorable es la zona con mayor metros cúbicos a cubrir, que en este caso coincide con la de mayor superficie. **Hay que tener en cuenta que, debido a la bajísima probabilidad de este evento, no se prevé que se originen incendios en varios locales a la vez.** Este procedimiento se hace, siempre, de acuerdo a los datos reflejados en la especificación técnica.

Tras observar los planos del edificio se puede observar que la **zona más desfavorable** se encuentra en la **tercera planta**, concretamente en las **alas Norte y Sur**. Estas zonas abarcan una superficie total de 402,50 m² cada una, y las componen los pasillos que están pegados al patio central, las galerías del centro de las alas y dos cuartos que dan a los pasillos.

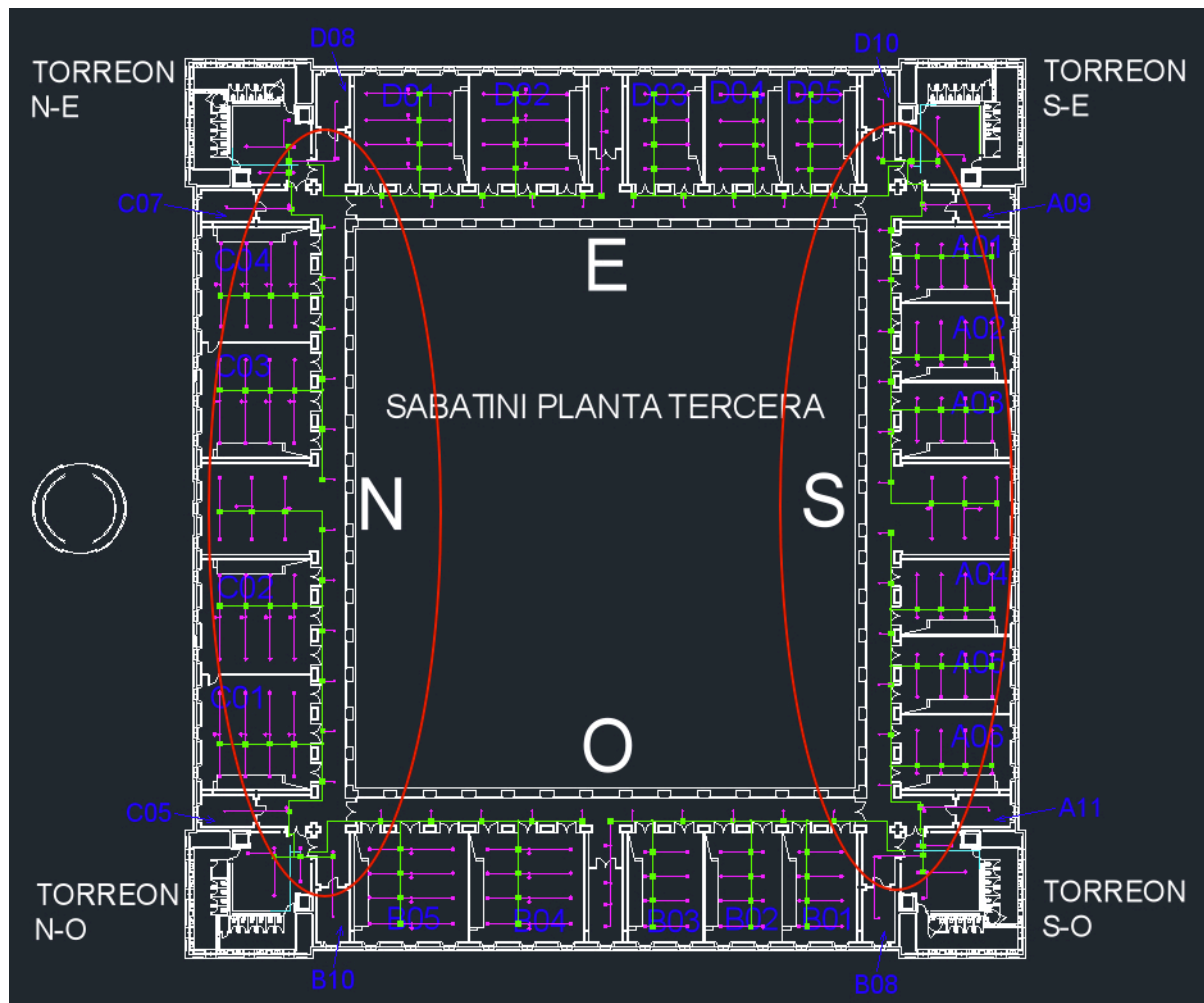


Figura 4.24. Zonas más desfavorables -Planta Tercera – AutoCAD

Una vez realizada la distribución de boquillas en los planos, se obtuvo un total de 24 boquillas para cada una de estas dos zonas: 12 del tipo “Sprinkler Serie 2000” para los pasillos y 12 del tipo “Sprinkler 1B 1ME 6MF 10RA” para las galerías centrales y los cuartos que dan al pasillo. Hay que destacar que ni las escaleras ni los torreones están incluidos en estas zonas.

Una vez determinado el número de boquillas, es necesario hacer el cálculo de consumo de agua para cada una de ellas. En este tipo de cálculos, se supone un consumo igual de agua para todas las boquillas de un mismo tipo debido a las grandes presiones a las que se trabaja. En efecto, aunque el consumo se vería ligeramente reducido desde una boquilla a la siguiente debido a las pérdidas de carga, estas diferencias de presión resultan ser completamente despreciables comparadas con la propia presión de trabajo de las boquillas. Esta hipótesis de trabajo será comprobada posteriormente en el apartado dedicado al cálculo de pérdidas de carga.

Para determinar el consumo de agua basta con saber qué coeficiente de consumo tiene cada clase de boquilla, lo cual se especifica en la correspondiente hoja técnica, y multiplicarlo por la raíz cuadrada de la presión media que se requiere en las boquillas,

que es de 65 bar. De acuerdo al fabricante, la fórmula que proporciona el consumo que tiene **una única boquilla de determinado tipo**, en **litros por minuto**, es de la forma:

$$C = K \times \sqrt{P}, \quad (1)$$

donde:

-C: Consumo $\left[\frac{l}{min}\right]$

-K: Coeficiente de consumo de la boquilla $\left[\frac{l}{min} \times \sqrt{bar}\right]$

-P: Presión media que llega a la boquilla $[bar]$

Así, obtenemos los consumos de los dos tipos de boquillas con las que vamos a trabajar:

<u>Sprinkler 1B 1ME 6MF 10RA</u>	<u>Sprinkler Serie 2000</u>
$C_1 = 1,45 \times \sqrt{65} = 11,69 \frac{l}{min}$	$C_2 = 4,1 \times \sqrt{65} = 33,055 \frac{l}{min}$

Donde:

- C_1 : Consumo Sprinkler 1B 1ME 6MF 10RA $\left[\frac{l}{min}\right]$

- C_2 : Consumo Sprinkler Serie 2000 $\left[\frac{l}{min}\right]$

Como sabemos el número total de boquillas de cada tipo en la zona de mayor riesgo podemos calcular el caudal total que nos da el conjunto de cada tipo de boquillas como sigue:

<u>Sprinkler 1B 1ME 6MF 10RA</u>	<u>Sprinkler Serie 2000</u>
$Q_1 = 11,69 \times 12 = 140,28 \frac{l}{min}$	$Q_2 = 33,055 \times 12 = 396,66 \frac{l}{min}$

Donde:

- Q_1 : Caudal total de todas las boquillas Sprinkler 1B 1ME 6MF 10RA

- Q_2 : Caudal total de todas las boquillas Sprinkler Serie 2000

Si sumamos los caudales Q_1 y Q_2 tenemos un consumo total, Q_T de:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 536,94 \text{ l/min}$$

Una vez calculado el caudal necesario, ya se puede proceder al cálculo del dimensionado de la SPU. Para realizar esta tarea habrá que tener en cuenta que cada bomba de la SPU es capaz de impulsar un caudal total de **48,7 l/min** y que cada motor lleva acoplado 2 bombas. Como necesitamos un caudal igual o superior a $536,94 \text{ l/min}$, tenemos:

$$\text{SPU } 6 + 1 = 6 \times 2 \times 48,7 \approx 584 \text{ l/min}$$

Así la SPU que debemos instalar será un **SPU 6 + 1**, es decir, una unidad modular con 6 motores con dos bombas cada motor, y un motor de redundancia en caso de fallo de algún motor. Esta SPU nos dará una presión de salida comprendida entre **80 y 140 bar**, con un caudal máximo de **584 l/min** a 80 bar. La unidad modular también llevará incorporado un tanque de agua con una capacidad total de 600 litros (ver ANEXO C)

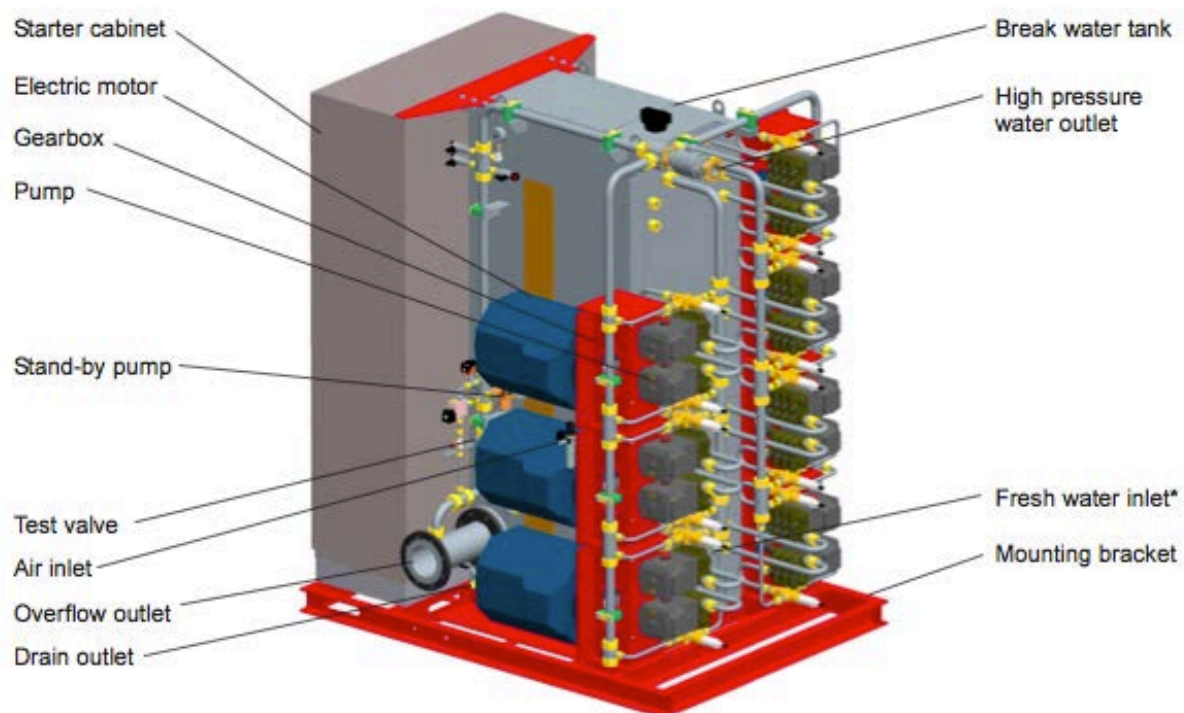


Figura 4.25. SPU 6 + 1 – Aspecto Exterior

Los siguientes cálculos estarán dedicados a dimensionar el tanque de agua exterior a la SPU y el sistema de acumuladores.

Para el cálculo de la capacidad del tanque, y como se mostrará en el siguiente capítulo con más detalle, la normativa indica que se debe asegurar un abastecimiento del máximo caudal del sistema de bombeo durante **30 minutos** en funcionamiento. Así, el cálculo del mismo sería directo:

$$V_T = 584 \text{ l/min} \times 30 \text{ min} = 17.520 \text{ l}$$

Donde:

$-V_T$: Volumen total del tanque de agua

El tanque de agua irá colocado en el sótano, enterrado junto a unos aljibes ya existentes. Por motivos comerciales, este depósito soterrado tendrá una capacidad total de 26.000 litros y se necesitará una bomba para la extracción del agua.

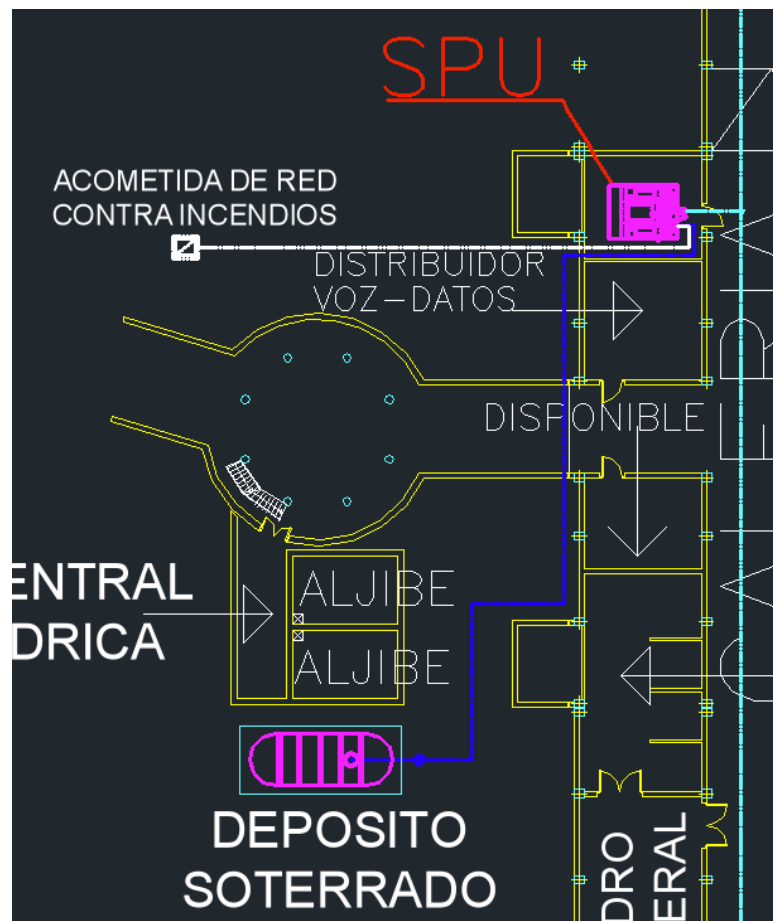


Figura 4.26. Vista del depósito soterrado en Sótano – AutoCAD

Finalmente nos quedaría realizar el cálculo de los acumuladores. Como ya se explicó, en este sistema se consigue presurizar el agua mediante el uso de botellas de nitrógeno comprimido. Al liberar el nitrógeno introducirlo directamente en la botella de agua, ésta sale presurizada, por otra válvula, junto con el nitrógeno. Los acumuladores de

nitrógeno están presurizados a **140 bar**, pero esta presión no es constante sino que disminuye a medida que se agota el nitrógeno. Se utiliza nitrógeno como gas impulsor porque es un gas inerte y, al ir mezclado con el agua, ayudará a extinguir el fuego.

Así para el funcionamiento de este sistema no haría falta ningún tipo de suministro adicional, ya sea eléctrico, neumático o mecánico. Los acumuladores entrarían en funcionamiento en caso de fallo del suministro eléctrico y, por normativa que ya se verá, deben ser capaces de mantener una descarga de agua durante **mínimo un minuto** para la zona más desfavorable (**536,94 l/min**). Esto quiere decir que si se activa sólo una boquilla, por ejemplo, durará mucho más el tiempo la descarga de agua, pero si se activan todas las de la zona más desfavorable esta descarga durará poco más de un minuto. Así, teniendo en cuenta que el volumen de cada botella de agua es de **50 litros** y que se necesita una botella de nitrógeno por cada una de agua, queda:

$$V_{aux} = 50 \text{ l} \times 12 \text{ botellas} = 600 \text{ litros}$$

Donde:

$-V_{aux}$: Volumen total de agua de los acumuladores

Se necesitarán entonces 12 botellas de agua de 50 litros cada una, y una botella de nitrógeno comprimido por cada una de agua, es decir, 12 de nitrógeno. Así habrá **2 racks de botellas con 6+6**.

4.4.3 Cálculo de Pérdidas de Carga

Para finalizar los cálculos necesarios y garantizar un correcto funcionamiento de la instalación a la hora de apagar un incendio, se deben **calcular las pérdidas de carga** que existen desde la SPU hasta el punto más desfavorable de la zona más desfavorable del sistema, para garantizar que llega a las boquillas la presión mínima de 65 bar y se pueda nebulizar el agua correctamente en cualquiera de ellas.

Este cálculo se realizará mediante un script sencillo de MATLAB® que calcula las pérdidas de carga que se producen desde la boquilla más desfavorable hasta la SPU. Por simplicidad, se fijará una presión de partida de 65 bar en dicha boquilla, y se irá aguas arriba hasta llegar a la SPU. Si la pérdida de carga excede los 15 bar significará que, si la SPU nos da la presión mínima de trabajo, correspondiente a máximo caudal, a la boquilla apenas llegarán los 65 bar necesarios, por lo que habrá que redimensionar el sistema, por ejemplo aumentando los diámetros de las tuberías donde sea necesario para disminuir las pérdidas.

En la parte del dimensionado de la SPU se comentó que existen dos zonas (ala Norte y ala Sur) en la tercera planta cuya superficie les confiere la condición de zonas más desfavorables a proteger, pero debido a la distribución del sistema se obtendrá una mayor pérdida de carga para una de ellas.

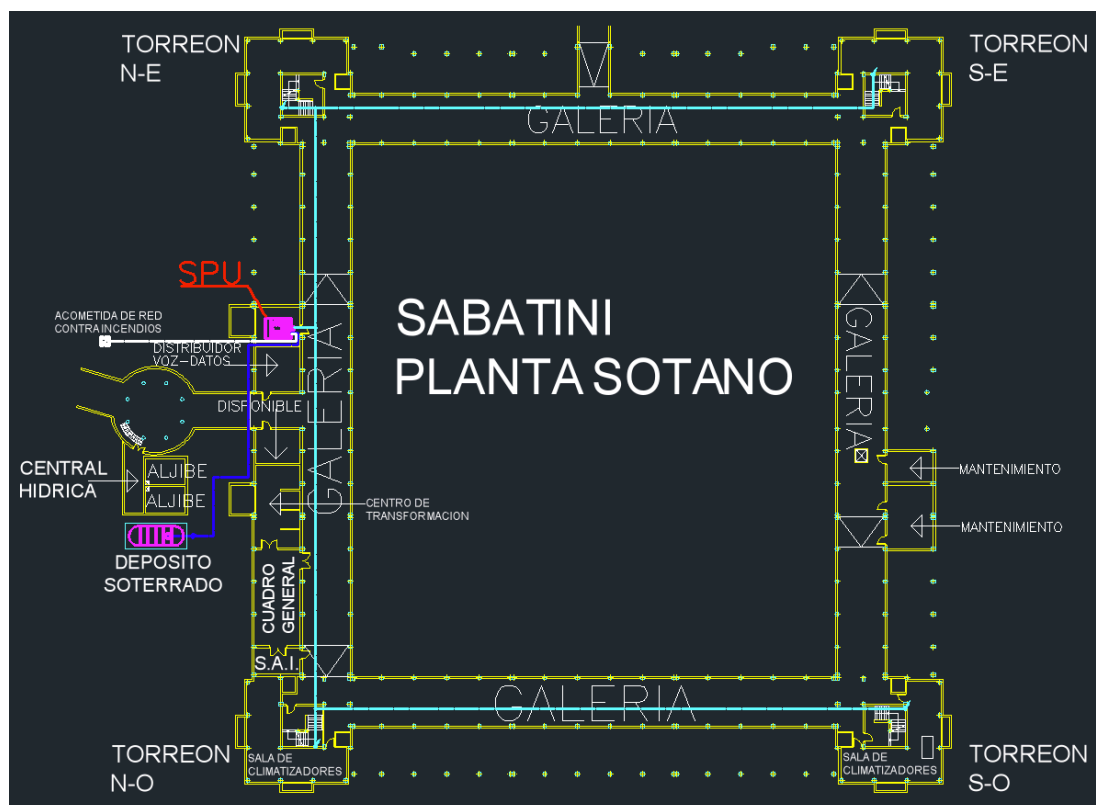


Figura 4.27. Distribución Planta Sótano - AutoCAD

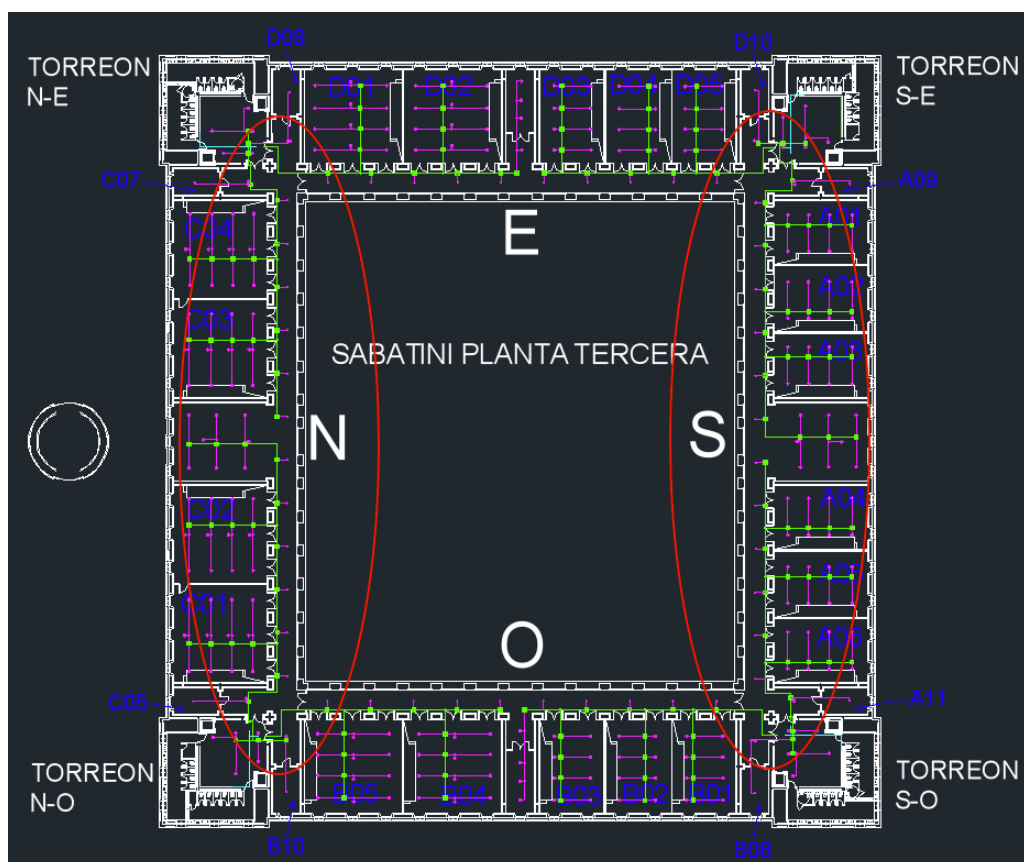
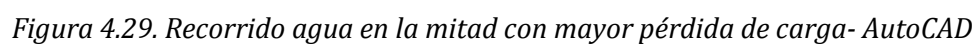


Figura 4.28. Zonas más desfavorables, Tercera Planta - AutoCAD



Si observamos las figs. 4.28 y 4.29, se concluye que la zona desfavorable con mayor pérdida de carga será la que se encuentra en el ala Sur. Esto es debido a la mayor distancia que ha de recorrer el agua desde la SPU a la zona en cuestión. Para una mayor simplicidad en el cálculo, se aprovechará la condición de simetría en la zona. Así habrá que calcular únicamente una mitad, pero tal y como está distribuido el edificio y, por lo tanto, el sistema, será necesario escoger la mitad con mayor pérdida de carga. Este último concepto de “mitad con mayor pérdida de carga” se aclara con la Fig. 4.29.

Para realizar el cálculo de pérdidas de carga se asumirá como hipótesis de partida que todas las boquillas activas en la zona más desfavorable se encuentran trabajando con una sobrepresión común de 65 bar, lo cual simplificará enormemente el proceso de cálculo. Esta hipótesis ha sido comprobada a posteriori una vez completado el análisis. Además, se supondrán despreciables las pérdidas de carga secundarias, puesto que se ha comprobado también que resultan mucho menores que las pérdidas primarias.



Figura 4.30. Esquema de las ramas de cálculo de las pérdidas de carga - AutoCAD

Conocidos los caudales que descargan por cada boquilla, según la ecuación (1), es inmediato obtener los caudales que circulan por cada uno de los 13 ramales indicados en la Fig. 4.30 usando la ecuación de continuidad. Una vez obtenidos dichos caudales, la fórmula básica que permite calcular las pérdidas de carga a lo largo de cada tramo es,

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2 \frac{\lambda L}{D} \quad (2)$$

donde ΔP es la caída de presión reducida, v es la velocidad media, λ es el factor de fricción, L la longitud del tramo y D el diámetro de la tubería correspondiente.

A continuación se mostrarán los resultados del cálculo de pérdidas de carga:

TRAMO	CAUDAL (l/min)	PÉRDIDA DE CARGA (bar)
1	11.69	0.1292
2	23.38	0.0050
3	58.45	0.0258
4	93.52	0.1157
5	126.58	0.1653
6	159.63	0.2551
7	192.69	0.3635
8	225.74	0.4904
9	258.80	0.6357
10	291.85	0.9076
11	303.54	0.3304
12	315.23	0.0772
13	315.23	6.8856
TOTALES	315.23	10.3866

Tabla 4.1. Resultado del cálculo de pérdidas de carga explicado en el texto

Como puede deducirse de la pérdida de carga total mostrada en la última fila de la tabla 4.1, las pérdidas acumuladas desde el punto más desfavorable de la instalación hasta la salida de la SPU, sumadas a los 1.82 bar de presión hidrostática debidas a la diferencia

de cota entre la SPU y los Sprinklers de la tercera planta, son sustancialmente menores que 15 bares, lo cual indica que la SPU operando a 80 bares garantiza las presiones mínimas de suministro de 65 bares, así como el caudal total necesario para la operación. Nótese que el caudal total calculado según el procedimiento anterior es ligeramente superior a la mitad del caudal total calculado para dimensionar la SPU. Esto es debido a que la mitad del ala contemplada en el cálculo contiene el ramal que cubre la galería central de dicho ala.

4.5 Normativa, instalación y mantenimiento

En este apartado se tratarán todos los aspectos referentes a la normativa que se ha seguido y las particularidades que han surgido durante el diseño del sistema. Posteriormente se darán todos los detalles que han de seguirse cuando se realice la instalación del sistema contra incendios, y finalmente se expondrán algunas notas orientadas al correcto mantenimiento del sistema para su correcta conservación y funcionamiento futuro.

4.5.1 Normativa

En el inicio de este documento se hizo hincapié en la escasez de normativa que existe frente a la seguridad contra incendios en edificios en España, especialmente en lo referente a sistemas basados en agua nebulizada como agente extintor. Esto último contrasta con el estado de cosas en el ámbito marítimo civil, pues existe una normativa que contempla con bastante profundidad, entre otros, este tipo de sistema. Esta normativa es la de IMO (Internacional Maritime Organization) [19] que publicó, entre otras cosas, las recomendaciones a la seguridad naval mediante un convenio llamado SOLAS (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar) [20].

Como fue destacado en el capítulo 1 y en el párrafo anterior, la ausencia de una normativa suficientemente desarrollada para este tipo de sistemas en edificios justifica el uso del manual de protección y seguridad contra incendios **NFPA**, concretamente el tomo **NFPA 750**, como base de todo el diseño, cálculo y dimensionado en el presente proyecto. Todos los sistemas de agua nebulizada que se instalan en edificios en España se basan en este manual. De igual manera HI-FOG sigue esta misma línea pero con algunos matices, ya que su sistema ha sido ensayado numerosas veces y puede garantizar un correcto funcionamiento en todos los aspectos. Estos matices hacen referencia al uso de especificaciones un tanto diferentes respecto al NFPA, generalmente menos restrictivas.

Así para el diseño y dimensionado del sistema de bombeo, de acuerdo con la NFPA, se ha elegido la zona más desfavorable, que según la NFPA es la zona que requiere mayor demanda de agua, como base de cálculo. Además, se ha optado por un sistema de bombeo capaz de proporcionar el caudal necesario, así como una presión suficientemente grande para obtener agua nebulizada de alta calidad para una mejor extinción del incendio. De igual manera, para el dimensionado de tanque de agua exterior, que es requerido en este tipo de sistemas como viene reflejado en la NFPA, se

ha hecho de acuerdo al volumen de agua que es capaz de suministrar la SPU durante 30 minutos, tiempo mínimo establecido por esta normativa. En el caso de los acumuladores, a día de hoy en España no está especificado si se precisan en los edificios, mientras que en el caso de los barcos es obligatoria la existencia de acumuladores capaces de hacer funcionar la instalación durante al menos un minuto. Por motivos de mayor seguridad se optó por introducir un sistema de acumuladores cumpliendo la normativa que se exige en los barcos.

Los demás componentes del sistema no incumplen ningún tipo de normativa y se adaptan perfectamente a las condiciones del edificio sin entorpecer ningún otro sistema de seguridad.

4.5.2 Instalación

En la instalación y puesta a punto de este sistema contra incendios se debe tener en cuenta una serie de detalles, algunos de los cuales se vieron en el apartado 4.3 *Componentes del sistema*. A continuación se enumerarán los detalles más importantes para una adecuada instalación del sistema y un correcto cumplimiento de las especificaciones para este tipo de sistemas, algunas proporcionadas por HI-FOG y otras reflejadas en la NFPA. En todo caso, se adjuntará a este proyecto un **Manual de Instalación y Puesta a Punto** específico para este sistema contra incendios, donde se recoge toda la información necesaria para realizar una correcta instalación y puesta a punto. Este manual deberá ser leído y entendido por el instalador.

Tuberías

- Las tuberías de alta presión del sistema (todas menos las que conectan la SPU con el tanque de agua exterior y la acometida) irán **dobladas** (sin codos) y el ángulo dependerá del diámetro de la tubería pudiéndose llegar a los 90°. Para doblar las tuberías será necesaria una herramienta especial llamada **curvadora**.
- En tramos menores a 6 metros tendrán que cortarse con una sierra (nunca con cortador de tubos) y deberán quedar **perfectamente cortadas** (corte recto y liso) y **limpias** (después del montaje se realizará una limpieza de los tramos de tubería, también llamado "Flushing").

En tramos mayores de 6 metros (cada pieza tiene una longitud máxima de 6 metros) deberán ir unidas con un accesorio **unión tubo-tubo**. Cada diámetro de tubería tiene su accesorio con los mismos diámetros.

- Para el soporte y sujeción de las tuberías se suministrarán unas abrazaderas tipo "clamp" e irán distribuidas a una **distancia** (según el diámetro de tubería) como se sigue:

Diámetro Tubería	Distancia entre sujeción
12 mm	2,5 m
30 mm	4 m
38 mm	4,5 m

Tabla 4.1. Distancias entre sujeciones según diámetro de tubería. Valores proporcionados por HI-FOG

Bloques de Distribución

- Todas las tomas de salida de los bloques de distribución que queden libres deberán ser taponados debidamente.

Una vez instalado el sistema y realizado el “Flushing” se deben hacer unas pruebas para confirmar que funciona todo correctamente. Estas pruebas, llamadas **pruebas de estanqueidad y resistencia**, se realizarán a una presión de 1,5 veces la presión de trabajo, según indicado tanto en la NFPA como en el Reglamento de Aparatos a Presión [21] que son, en este caso, 140 bar x 1,5=**210 bar** (presión de prueba). Es importante destacar que la instalación desarrollada en el presente proyecto está preparada para aguantar presiones mucho mayores que las de prueba. Por ejemplo, como ha sido mencionado anteriormente, las tuberías y accesorios soportan presiones del orden de 400 bar, mientras que tanto las boquillas como las válvulas de sección soportan presiones máximas del orden de 300 bar. Obviamente nunca se debe llegar a estas presiones, y para que esto no ocurra el sistema lleva una serie de elementos de seguridad que lo impedirán.

4.5.3 Mantenimiento

En este punto se comentarán los aspectos más importantes de la supervisión, puesta en marcha, inspección y reparación del sistema contra incendios HI-FOG que se ha diseñado. Si se decide llevar a cabo este proyecto, se entregará un Manual de Operación y Mantenimiento, pues no se presenta dicha información en este tipo de documento.

Cabe mencionar que este sistema no necesita mucho mantenimiento y menos teniendo en cuenta que se activa sólo en caso de incendio.

Estas actividades son llevadas a cabo por personal cualificado, ya sea de Marioff u otra organización que pueda realizarlo. Para la supervisión y puesta en marcha, el técnico deberá dirigirse al edificio donde se instaló el sistema (en este caso edificio Sabatini), y comprobar el correcto funcionamiento del mismo. Deberá ponerlo en marcha para poder verificarlo. También comprobará que todo está bien montado y conectado, y probar todo el sistema de emergencia, alarmas e indicadores.

Para inspección anual, se sigue una hoja o esquema de tareas, agrupadas según sea el tipo. El orden para realizar estas tareas sería el siguiente:

- Situación, que incluye: Contactar con el operador del sistema, inspección de la documentación, inspección visual de la instalación e inspección de fallos en alarmas.
- Sistema general: Inspección visual de las boquillas, inspección si existe algún obstáculo en la zona de nebulización de la boquilla, inspección visual de las tuberías de distribución, inspección visual de las válvulas de sección e inspección de las señales en el cuadro de arranque.
- SPU (Unidad de Bombeo): Se deberá poner en marcha como mínimo cada 6 meses abriendo la válvula de purga. Chequear la calidad y el nivel de aceite en las bombas, chequear el engrase de la cadena de transmisión de bombas, inspeccionar el embrague de accionamiento de las bombas, revisar las unidades de filtro/regulador/lubricador, etc. (Todo reflejado en el manual)
- Tanques de almacenamiento de agua: comprobar el estado de agua en los tanques.
- Unidad de acumuladores (N_2 /Aire y agua): Inspección visual de las botellas de Nitrógeno/ Aire, comprobar la presión del gas en la botella, comprobar que todas las válvulas de cabeza de botellas están abiertas, inspeccionar el estado de los latiguillos/ mangueras, probar los presostatos, etc.
- Válvulas de Sección y Panel Mímico: Probar las señales de las válvulas, comprobar en el panel mímico los indicadores de presión, comprobar que las válvulas direccionales abren y cierran correctamente etc.
- Cuadro de control principal: Probar todas las señales en el cuadro de arranque o control de plataforma, comprobar la lectura de todos los indicadores de presión, etc.
- Finalmente se encuentra el Test del Sistema, que incluye: Tomar muestras de agua del sistema, probar el disparo del sistema, comprobar la limpieza del sistema y actualizar el registro de la inspección anual.
- Se deben tener los repuestos principales para el grupo de bombeo, una o dos válvulas direccionales, algunas boquillas y filtros, etc.

4.6 Configuraciones alternativas

Al iniciar el diseño de esta instalación contra incendios se pensó en una configuración completamente diferente. Tal configuración no contemplaba la posibilidad de distribuir el agua a las plantas desde cada uno de los 4 torreones, sino que se diseñó para que sólo un torreón fuese el encargado de alojar la tubería de mayor diámetro y así repartir el agua a todas las plantas desde este mismo torreón. Es decir, sólo habría una tubería de 38 mm de diámetro conectada a la SPU y ésta subiría por un solo torreón. Desde el mismo torreón saldrían tuberías en cada planta para repartir el agua. También cabe destacar que esa distribución estaba pensada para distribuir en 2 secciones en cada

planta, es decir, habría 2 válvulas de sección en cada planta (en el mismo torreón) y cada una de ellas permitiría el paso del agua a dos alas consecutivas (una a las alas Norte y Este y la otra a las Sur y Oeste). El motivo de no haber llevado a cabo esta distribución inicial, fue el de desconocer cómo y dónde se ubicaba la centralización de todos los sistemas del edificio (recuérdese que cada torreón centralizaba los cables y tuberías de las instalaciones de cada media ala adyacente al mismo). Esto facilitaría enormemente las labores de mantenimiento y control del nuevo sistema. También influyó el tener un conocimiento más profundo sobre las válvulas de sección, ya que tienen una superficie, a cubrir, máxima recomendada de 300 m².

En cuanto a configuraciones alternativas que hagan uso de un **sistema contra incendios diferente** al propuesto, cabría destacar el **sistema de rociadores convencionales**, por ser el más comúnmente utilizado. Para el edificio Sabatini, considerado en el presente proyecto, este sistema tendría un coste aproximado de **200.000 euros**. Como ya se comentó en el capítulo 2, este tipo de sistema, basado en rociadores que inyectan gotas de agua de tamaño mucho mayor que las generadas por un nebulizador HI-FOG, sería muchísimo menos efectivo a la hora de extinguir el incendio, puesto que no actúa en los 3 vértices del triángulo de fuego (Fig. 2.0). Otra gran desventaja sería la gran cantidad de daños materiales causados en toda la zona de extinción, debido al calado de todas las superficies protegidas.

5. Mediciones y presupuesto

En este capítulo se proporcionará una tabla de mediciones y presupuesto de todo el proyecto global.

SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE AGUA NEBULIZADA PARA EDIFICIO SABATINI - MADRID							septiembre de 2014		
Nº	ud		Uds	Long	Ancho	Altura	Medición	Precio	Importe
CAPITULO - 01 SISTEMA DE BOMBEO Y ACUMULACIÓN DE AGUA									
		DESCRIPCIÓN							
01.01	m2	Demolición de soleras de hormigón ligeramente armado con mallazo, hasta 15 cm. de espesor, con compresor, incluso limpieza y retirada de escombros, con carga de los mismos, canon de vertido a vertedero y p.p. de medios auxiliares.							
		sótano	1,00	7,50	3,00		22,50	15,85	356,63
01.02	m3	Excavación en sótano, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, con carga, transporte a vertedero, canon de vertido y p.p. de medios auxiliares.							
		sótano	1,00	7,50	3,00	3,20	72,00	17,00	1.224,00
01.03	m3	Relleno de los huecos del depósito a base de grava de granulometría 10-15 (tipo garbancillo) en todo el espacio resultante entre el depósito y la excavación.							
		sótano	1,00	7,50	3,00	0,50	11,25	13,00	146,25
01.04	m2	Solera de hormigón en masa de 15 cm. de espesor, realizada con hormigón HM-25 N/mm2, Tmáx.20 mm., elaborado en obra, i/encachado de piedra caliza 40/80 mm. de 20 cm. de espesor, vertido, colocación, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado. Según NTE-RSS y EHE.							
		sótano	1,00	7,50	3,00		22,50	15,85	356,63
01.05	ud	Acometida a la red de incendios existente en el edificio, ejecutando una derivación que irá hasta el depósito de almacenamiento principal, con la incorporación de una llave de corte tipo bola							
		sótano	1,00				1,00	345,00	345,00
01.06	ud	Acometida a la red de incendios existente en el edificio, ejecutando una derivación que irá directamente conectada a la SPU. principal, con la incorporación de una llave de corte tipo bola							

		sótano	1,00				1,00	345,00	345,00
01.07	ud	Depósito de almacenamiento de agua contra incendios, de la firma GRAFT cilíndrico horizontal reforzado, específico para enterrar, de 26.000 litros, construido en poliéster de alta resistencia. Se incluye sistema de sondas para llenado automático del depósito. Con cuello extensible para la entrada tipo "boca de hombre". Sin excavación ni relleno (partidas contempladas en otras unidades de obra)							
		sótano	1,00				1,00	4.800,00	4.800,00
01.08	ud	Suministro y colocación de una electrobomba conectada entre la SPU y el depósito de almacenamiento de agua.							
		sótano	1,00				1,00	850,00	850,00
01.09	ml	Interconexión entre el depósito de acumulación de agua y la SPU en tubería de acero galvanizado, DIN-2440 de 2 1/2" (DN-65) sin calorifugar, colocado en instalación de agua, incluso p.p. de uniones, soportación, accesorios, plataformas móviles, mano de obra, prueba hidráulica. Medida la unidad instalada.							
		sótano	1,00				12,00	45,45	545,40
01.10	ud	Bridas de conexión para tanque y SPU							
		sótano	2,00				2,00	50,60	101,20
01.11	ud	Sistema de bombeo principal SPRINKLER PUMP UNIT (SPU) 6+1 HI-FOG con seis motores eléctricos más uno de redundancia con dos bombas de pistones acopladas a cada motor. Esta unidad modular también dispone de un tanque de agua de 600 litros, cuadro eléctrico, para control de los motores y todos los accesorios para el correcto funcionamiento de todo el sistema. También se incluye el sistema Jockey							
		sótano	1,00				1,00	70.500,00	70.500,00
01.12	ud	Acumuladores o sistema auxiliar de bombeo HI-FOG. 12 cilindros de agua + 12 acumuladores de nitrógeno a 140 bares (Rack 6 H2O + 6 N2) (600 litros al minuto)							
		sótano	2,00				2,00	12.000,00	24.000,00
TOTAL CAP-01 SISTEMA DE BOMBEO Y ACUMULACIÓN DE AGUA									103.570,10

CAPITULO - 02 DISTRIBUCIÓN DE AGUA Y ACCESORIOS									
		DESCRIPCIÓN							
02.01	ml	Tubería de Acero Inoxidable AISI de Ø 38 mm.							
		planta sótano	1	249,65			249,65		
		planta baja	1	37,93			37,93		

		planta primera	1	37,93		37,93		
		planta segunda	1	37,93		37,93		
		planta tercera	1	37,93		37,93		
		ascendentes	4	18,52		18,52		
		SUMA				419,89	51,20	12.782,08
02.01	ml	Tubería de Acero Inoxidable AISI de Ø 30 mm.						
		planta baja	1,00	384,69		384,69		
		planta primera	1,00	716,06		716,06		
		planta segunda	1,00	679,46		679,46		
		planta tercera	1,00	552,80		552,8		
		SUMA				2.333,01	32,50	75.822,83
02.03	ml	Tubería de Acero Inoxidable AISI de Ø 12 mm.						
		planta baja	1,00	550,44		550,44		
		planta primera	1,00	677,84		677,84		
		planta segunda	1,00	553,83		553,83		
		planta tercera	1,00	739,11		739,11		
		SUMA				2.521,22	7,50	18.909,15
02.04	ud	Unión tubo-tubo Ø 38 mm.						
		planta sótano	1,00	37,00		37,00		
		planta baja	1,00	4,00		4,00		
		planta primera	1,00	4,00		4,00		
		planta segunda	1,00	4,00		4,00		
		planta tercera	1,00	4,00		4,00		
		SUMA				53,00	53,00	2.809,00
02.05	ud	Unión tubo-tubo Ø 30 mm.						
		planta baja	1,00	46,00		46,00		
		planta primera	1,00	84,00		84,00		
		planta segunda	1,00	73,00		73,00		
		planta tercera	1,00	58,00		58,00		
		SUMA				261,00	31,10	8.117,10
02.06	ud	Unión tubo-tubo Ø 12 mm.						
		planta baja	1,00	0,00		0,00		
		planta primera	1,00	0,00		0,00		
		planta segunda	1,00	2,00		2,00		
		planta tercera	1,00	9,00		9,00		
		SUMA				11,00	7,10	78,10
02.07	ud	Abrazadera tipo "clamp" Ø 38 mm.						
		planta sótano	1,00	72,00		72,00		
		planta baja	1,00	8,00		8,00		
		planta primera	1,00	8,00		8,00		

		planta segunda	1,00	8,00		8,00		
		planta tercera	1,00	8,00		8,00		
		SUMA				104,00	9,60	998,40
02.08	ud	Abrazadera tipo "clamp" Ø 30 mm.						
		planta baja	1,00	96,00		96,00		
		planta primera	1,00	179,00		179,00		
		planta segunda	1,00	169,00		169,00		
		planta tercera	1,00	138		138,00		
		SUMA	1,00			582,00	7,40	4.306,80
02.09	ud	Abrazadera tipo "clamp" Ø 12 mm.						
		planta baja	1,00	220,00		220,00		
		planta primera	1,00	271,00		271,00		
		planta segunda	1,00	221,00		221,00		
		planta tercera	1,00	295		295,00		
		SUMA				1.007,00	3,35	3.373,45
02.10	ud	T PIECE de Ø 38 mm.						
		planta sótano	1,00	3,00		3,00		
		planta baja	1,00	4,00		4,00		
		planta primera	1,00	4,00		4,00		
		planta segunda	1,00	4,00		4,00		
		planta tercera	1,00	4,00		4,00		
		SUMA				19,00	60,30	1.145,70
02.11	ud	T PIECE de Ø 30 mm.						
		planta baja	1,00	15,00		15,00		
		planta primera	1,00	31,00		31,00		
		planta segunda	1,00	33,00		33,00		
		planta tercera	1,00	25,00		25,00		
		SUMA				104,00	38,00	3.952,00
02.12	ud	T PIECE de Ø 12 mm.						
		planta baja	1,00	61,00		61,00		
		planta primera	1,00	76,00		76,00		
		planta segunda	1,00	56,00		56,00		
		planta tercera	1,00	53,00		53,00		
		SUMA				246,00	38,00	9.348,00
02.13	ud	Bloque de distribución (2 salidas de Ø 12 mm)						
		planta baja	1,00	90,00		90,00		
		planta primera	1,00	148,00		148,00		
		planta segunda	1,00	139,00		139,00		
		planta tercera	1,00	63,00		63,00		
		SUMA				440,00	78,10	34.364,00

02.14	ud	Válvula de sección (entrada de 38 mm. y salida de 30 mm.)							
		planta baja	1,00	8,00			8,00		
		planta primera	1,00	8,00			8,00		
		planta segunda	1,00	8,00			8,00		
		planta tercera	1,00	8,00			8,00		
		SUMA					32,00	950,80	30.425,60
TOTAL CAPÍTULO - 02 DISTRIBUCIÓN DE AGUA Y ACCESORIOS									206.432,21

CAPÍTULO - 03 SPRINKLERS - NEBULIZADORES Y SISTEMA JOCKEY									
03.01	ud	Sprinkler HI-FOG 1B 1ME 6MF 10RA con bulbo naranja de rotura a 57Cº, inclusive ensamblaje para el montado del mismo							
		planta baja	1,00	226,00			226,00		
		planta primera	1,00	257,00			257,00		
		planta segunda	1,00	203,00			203,00		
		planta tercera	1,00	244,00			244,00		
		SUMA					930,00	115,00	106.950,00
03.02	ud	Sprinkler HI-FOG Serie 2.000 con bulbo naranja de rotura a 57Cº, inclusive ensamblaje para el montado del mismo							
		planta baja	1,00	0,00			0,00		
		planta primera	1,00	51,00			51,00		
		planta segunda	1,00	54,00			54,00		
		planta tercera	1,00	52,00			52,00		
		SUMA					157,00	155,00	24.335,00
03.03	ud	Acumuladores de Aire seco para suministrar aire a 8 bares al sistema Jockey.	1,00				1,00	1.500,00	1.500,00
TOTAL CAPÍTULO - 03 SPRINKLERS - NEBULIZADORES Y SISTEMA JOCKEY									132.785,00

CAPÍTULO - 04 SISTEMA DE SEGURIDAD Y ALARMA									
04.01	ud	Cuadro de alarmas "MIMICO"	1,00				1,00	15.500,00	15.500,00
04.01	ud	Alarma acústica luminosa	3,00				3,00	105,40	316,20
TOTAL CAPÍTULO - 04 SISTEMA DE SEGURIDAD Y ALARMA									15.816,20

CAPÍTULO - 05 INGENIERÍA Y MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN Y MONTAJE									
05.01	ud	4 meses de ingeniería de proyecto (640 horas de ingeniero)							
			640,00				640,00	71,00	45.440,00
05.02	ud	Mano de obra de la instalación completa por operarios especialistas.							
			1,00				1,00	250.000,00	250.000,00
TOTAL CAPÍTULO - 05 MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN Y MONTAJE									295.440,00
TOTAL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE AGUA NEBULIZADA PARA EDIFICIO SABATINI									754.043,51

6. Conclusiones y trabajos futuros

El presente Trabajo Fin de Grado ha desarrollado una solución tecnológicamente puntera y altamente eficiente para la protección contra incendios en edificios, aplicándola en particular al caso del edificio Sabatini de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid. Aunque dicho edificio cumple la normativa contra incendios existente en España, lo que parecería indicar que cuenta con un sistema de protección útil y eficiente, desgraciadamente este no es el caso. En efecto, a la vista del incendio ocurrido en el edificio Sabatini el día 28 de octubre del 2013, así como los numerosos siniestros ocurridos anualmente en España, surge la necesidad de replantearse la normativa vigente para sustituirla por otra mucho más exigente desde el punto de vista técnico, y que contemple los últimos avances producidos en técnicas de extinción, particularmente el agua nebulizada.

Es importante destacar que el sistema desarrollado en este trabajo garantiza una extinción rápida y eficiente de cualquier incendio que pueda originarse en el edificio. Esto último contrasta con el hecho de que los sistemas convencionales y de mayor implantación en la actualidad, si llegan a ser capaces de extinguir el fuego, necesitan tiempos mucho mayores, con lo que el fuego dispone de un tiempo de actuación mayor para el deterioro del edificio y los bienes. Adicionalmente, los sistemas al uso presentan una serie de desventajas debidas al agente extintor y/o a la manera en que se utiliza. Por ejemplo, los rociadores convencionales, aunque usan también agua como agente extintor, producen tamaños de gota mucho mayores que los nebulizadores de alta tecnología, lo que conlleva que no se evaporen por completo a su paso por la llama, calando por tanto las superficies en las que actúan. Por supuesto, la contrapartida de todas las ventajas de sistemas de nebulización tipo HI-FOG con respecto a los sistemas convencionales es un encarecimiento del presupuesto de implantación.

Llegados a este punto, surge de forma natural la elección entre la alta inversión en un sistema más fiable y eficiente que los actuales, y el mero ajuste a la normativa vigente que, como se ha descrito anteriormente, compromete de forma notable tanto vidas humanas como la integridad del propio edificio. En conclusión, puede decirse que, en lo referente a sistemas de protección contra incendios, escatimar en gastos puede conllevar, en caso de incendio, a perjuicios mucho mayores que los justificados por el ahorro.

En el caso del presente trabajo, al tratarse de un edificio histórico de grandes dimensiones y con un inmenso valor económico, el sistema contra incendios propuesto es, sin duda, un seguro de vida para el edificio. Es importante recordar que la reparación del incendio producido en dicho edificio, que por suerte sólo afectó a **un ala**, costó un total de 248.880,16 euros [22], es decir, **casi un tercio** del presupuesto total de la instalación contra incendios propuesta. En otras palabras, si se hubiese dado el caso

probable de un incendio en toda la planta, se podría pagar el total instalación con un sobrante aproximado de 300.000 euros. Sería, entonces, otro ejemplo más de *“lo barato al final sale caro”*.

Podrían plantearse multitud de extensiones posibles al presente Trabajo Fin de Grado. En concreto, resultan especialmente relevantes las siguientes líneas futuras de trabajo:

- Plantear y documentar detalladamente una posible modificación a la normativa de protección contra incendios en edificios vigente en España, i.e. el Documento Básico SI (Seguridad en caso de Incendio) [4].
- Desarrollar un software de cálculo que permita el dimensionado, diseño y posterior monitorización de las características más importantes del sistema hidráulico asociado a la instalación contra incendios, como pueden ser las presiones en puntos clave de la instalación o los caudales que circulan por cada una de las ramas que alimentan los Sprinklers.
- Dada la importancia central del tamaño de gota del spray, una línea de trabajo natural sería la investigación y el desarrollo de mejores nebulizadores que los existentes en la actualidad. En particular, sería muy deseable conseguir nubes de eficiencia comparable a las que implementan los sistemas HI-FOG, pero con sobrepresiones de atomización mucho menores.

7. ANEXOS

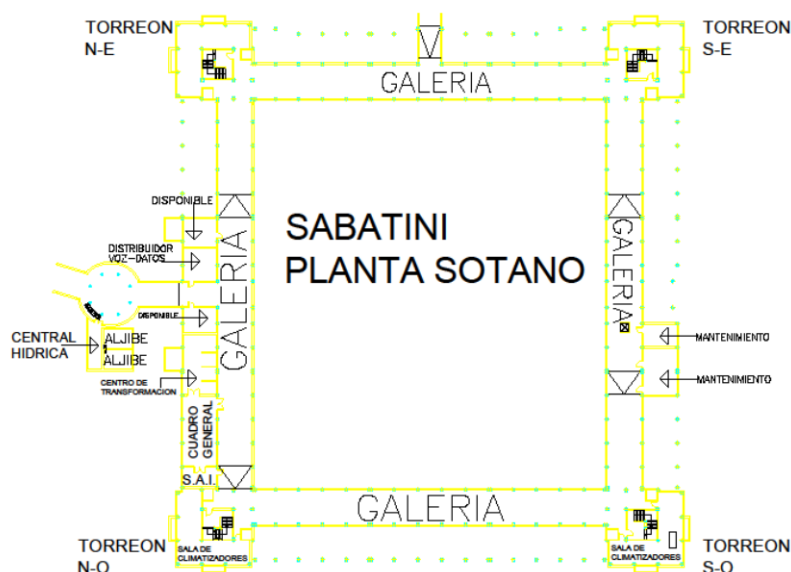
INSTRUCCIONES PARA LA CORRECTA VISUALIZACIÓN DE LOS ANEXOS:

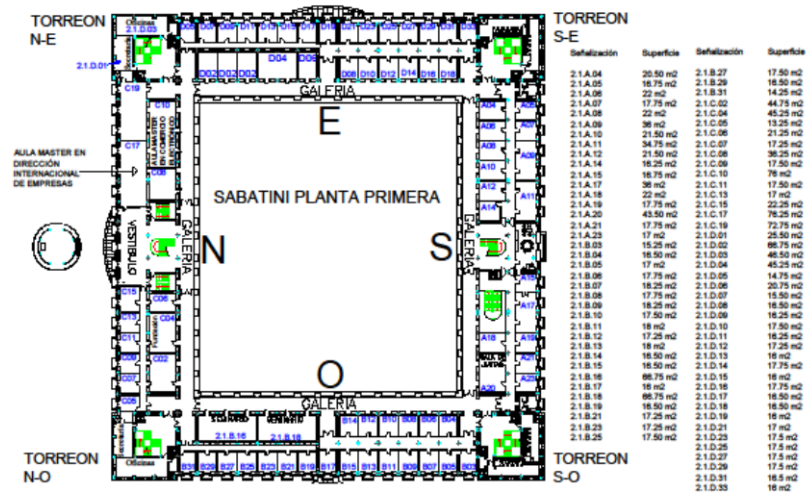
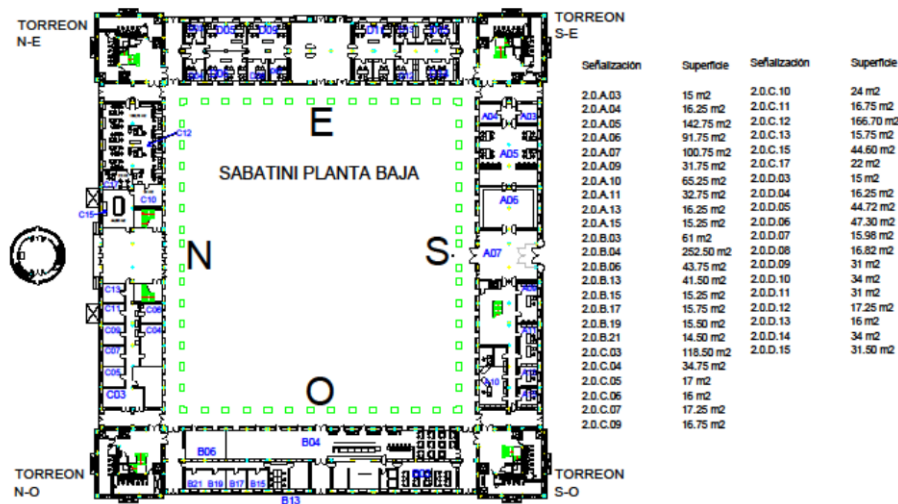
Todos los documentos adjuntos en los ANEXOS están en PDF (se han incluido como objetos). Para su correcta visualización hay que pinchar en la imagen y, una vez seleccionada, hacer doble clic para que se abra con el programa Adobe Reader u otro visualizador de documentos PDF, con lo que se obtendrá una mayor resolución.

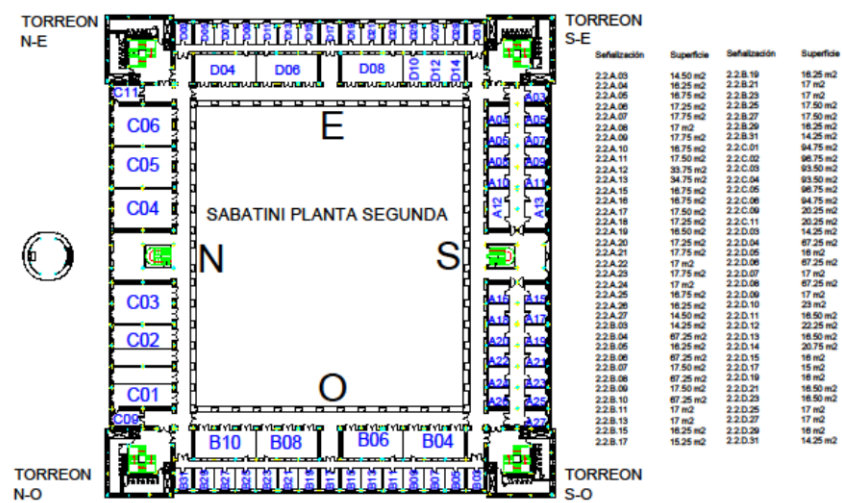
Para los Planos, una vez dentro del visualizador, se podrán seleccionar las capas que se desea ver u ocultar (como en AutoCAD). La capa “HI-FOG _Tuberías” es la capa que contiene la distribución de todas las tuberías. Las válvulas y accesorios tienen sus propias capas.

ANEXO A

Este ANEXO contiene los planos, en formato PDF, de todas las plantas originales del edificio Sabatini.



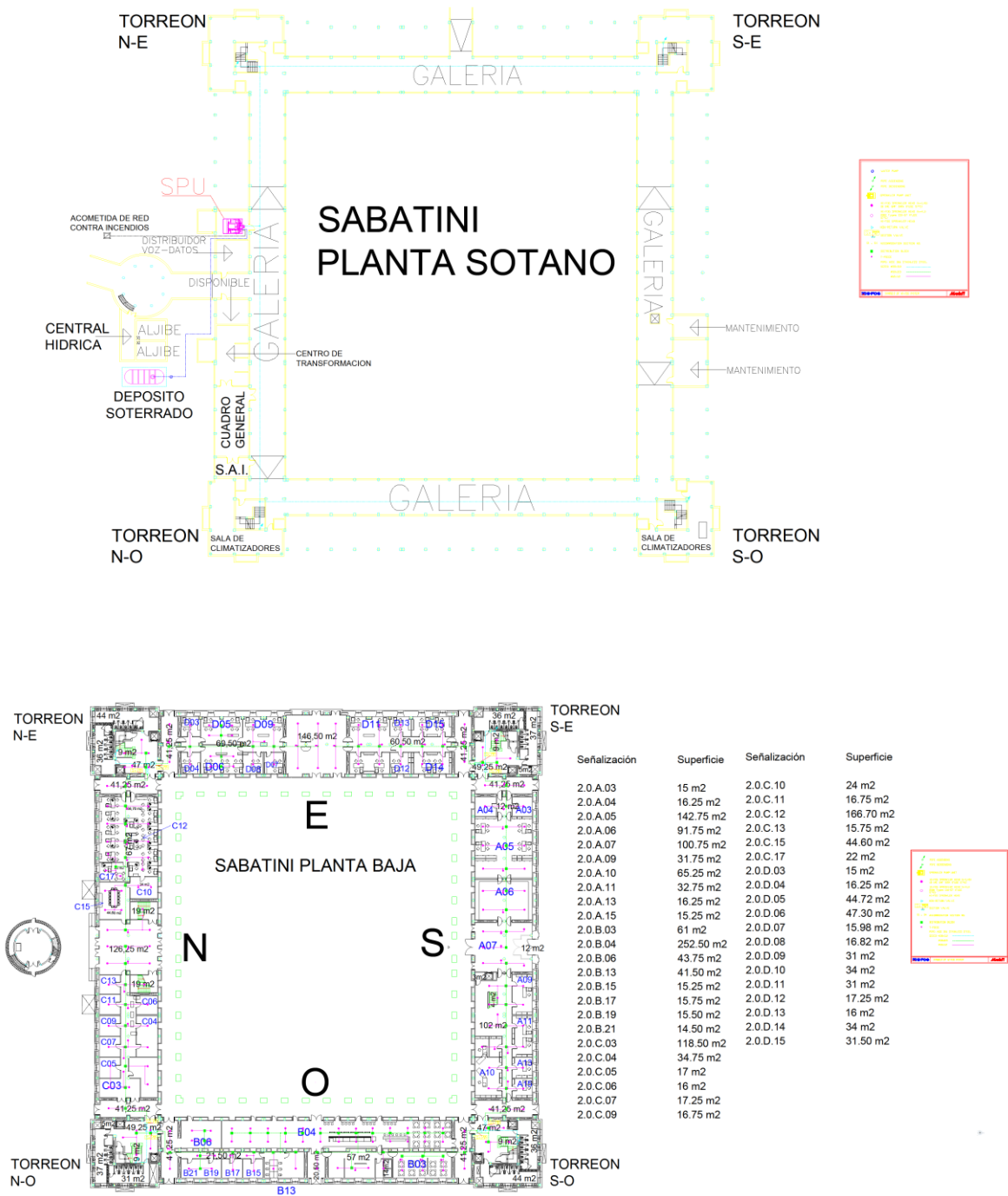


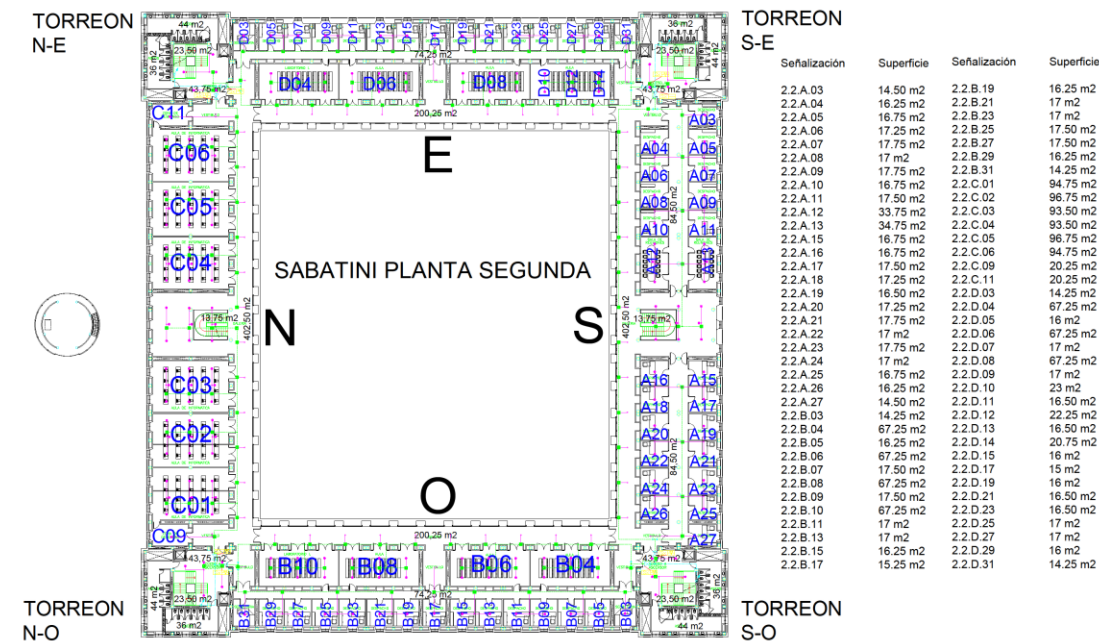


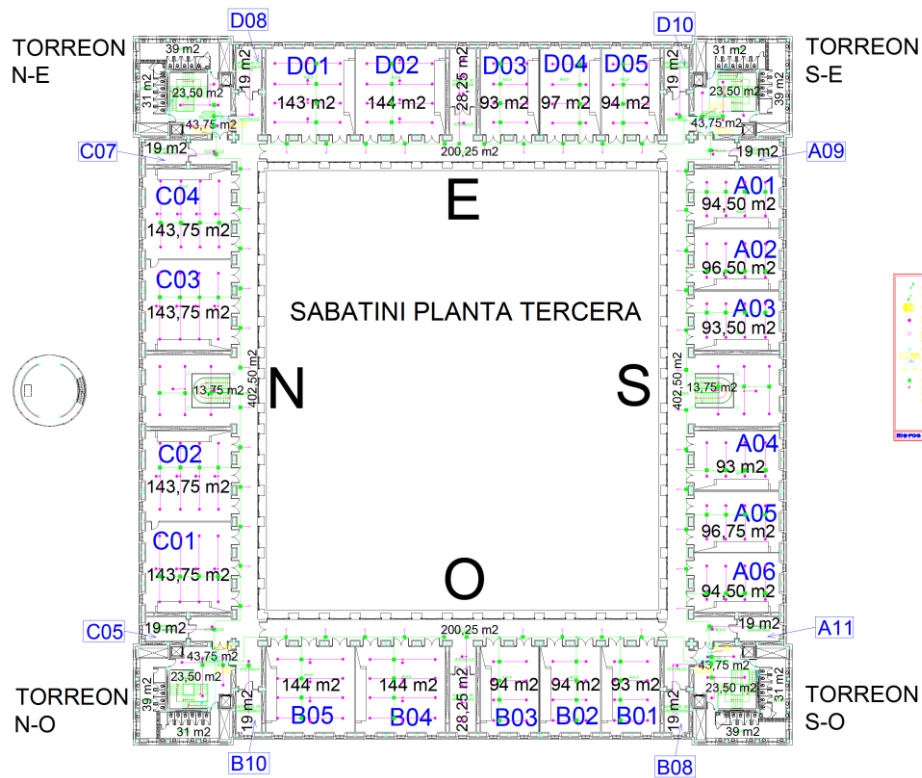
Z

ANEXO B

Este ANEXO contiene los planos, en formato PDF, de todas las plantas con el sistema contra incendios dibujado








ANEXO C

Este ANEXO contiene las hojas técnicas de todos los componentes del sistema.

Hoja Técnica SPU 6 + 1



HI-FOG®

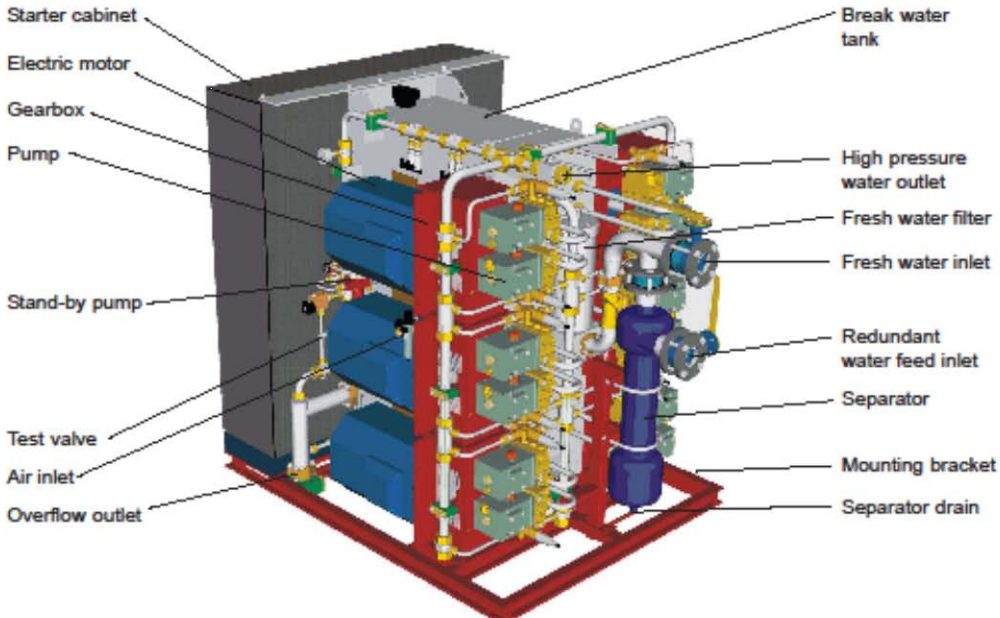
Technical Data Sheet TE6000

Sprinkler Pump Unit SPU 6

Product E01238

Sheet 1 of 3

05 Jun 2003



Unit output pressure	Length [mm]	Width [mm]	Height [mm]	Mass (dry) [kg]	Mass (wet) [kg]	Max. output [lpm]
140-80 bar	2133	1410	1800	2050	2610	584
140-140 bar				2700	3260	

Description

The SPU 6 consists of six pump modules. Each module consists of an electric motor running via gearbox two high pressure pumps to produce the high pressure water flow needed in the sprinkler system in the case of a fire accident.

The pressure produced by pumps can be adjusted from 80 bar to 140 bar respectively, according to the application. The pump modules are started sequentially, thus reducing the electric power peak loads. In stand-by position, the system pressure is maintained at 25 bar by means of the pneumatic stand-by pump.


The pump unit can be started automatically or manually. Automatic start is activated by either the flow signal or the pressure signal. Manual start can be launched either from the external release panel or from the Starter Cabinet, switching on the pump modules one by one. External release and indication panel is normally included in the Marioff supply. The system start signal can also be given by the fire detection system (FDS) via the external panel.

For further information, see related documents:

Dimensional Drawing no. DHAUSP000334

Line Diagram no. DHDUSP000334

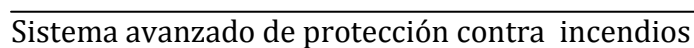
Part list for Line Diagram no. THPUSP000334




Marioff Corporation Oy, P.O. Box 25, Hakamäenkuja 4, FIN-01511 Vantaa, Finland,
tel +358 9 870 851, fax +358 9 8708 5399, e-mail info@marioff.fi, www.hi-fog.com

Marioff Corporation Oy reserves the right to revise and improve its products and recommended system configurations as it deems necessary without notification. The information contained herein is intended to describe the state of HI-FOG products and system configurations at the time of its publication and may not reflect the product and/or system configurations at all times in the future.

Hoja Técnica de los Acumuladores



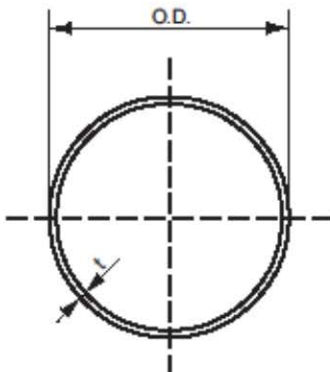
Hoja Técnica de las tuberías principales (Acero Inox. AISI 316L)

	Technical Data Sheet TA2100				
	Tubing				
Stock codes A010xx (x: see below)					<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; display: inline-block;">TA</div> 24 Aug 2004


Stock code	Tube type	O.D. [mm]	t [mm]	Length [mm]	Note:
A01000	AISI 316L welded tube	8,0	1,0	6000	Inside bead max. 0,2 mm
A01005	AISI 316L welded tube	12,0	1,2	5800	Inside bead max. 0,2 mm
A01015	AISI 316L welded tube	16,0	1,5	5800	Inside bead max. 0,2 mm
A01025	AISI 316L welded tube	25,0	2,0	6000	Inside bead max. 0,2 mm
A01030	AISI 316L welded tube	30,0	2,5	5800	Inside bead max. 0,2 mm
A01035	AISI 316L welded tube	38,0	3,0	5800	Inside bead max. 0,2 mm
A01060	AISI 316L welded tube	60,3	3,91	5800	Inside bead removed

O.D. = tube outer diameter Ø

t = wall thickness




Tolerance classes	DIN 17457/DIN 2463 D4/T3, except for O.D. 60,3 mm D3/T3
Yield point	R _p 0,2 min. 250 N/mm ²
Hardness	HRB 72-82
Heat treatment	Annealed
Welding factor	V=1, special welding speed for Marioff products, inside bead removed
Delivery state	Cleaned inside, plugs at both ends
Product marking	"HI-FOG sprinkler system" & manufacturer's markings
Material certificate	3.1B as required (EN 10204 / DIN50049)
Packed	In wooden package



Marioff Corporation Oy, P.O. Box 86, Vinnatie 3, FIN-01301 Vantaa, Finland,
tel +358 9 870 851, fax +358 9 8708 5399, e-mail info@marioff.fi, www.chi-fog.com

Marioff Corporation Oy reserves the right to revise and improve its products and recommended system configurations as it deems necessary without notification. The information contained herein is intended to describe the state of HI-FOG products and system configurations at the time of its publication and may not reflect the product and/or system configurations at all times in the future.

Hoja Técnica de la Válvula de Sección




HI-FOG®

Technical Data Sheet TD6041

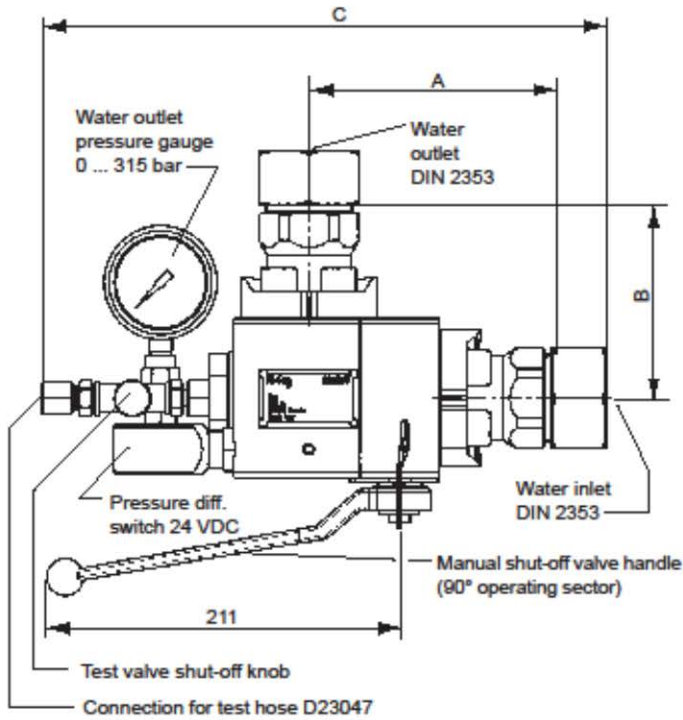
Section Ball Valve SBA40 pressure diff. switch

Stock code D061x0 (see table below)



16 May 2005

Stock code	Valve type	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	Water pipe O.D. [mm]	
						Inlet	Outlet
D06150	SBA 40-A3P-S30/30-10-M	135	104	~327	~253	30,0	30,0
D06160	SBA 40-A3P-S38/30-10-M	148	104	~339	~253	38,0	30,0
D06170	SBA 40-A3P-S38/38-10-M	148	117	~339	~265	38,0	38,0



Water outlet pressure gauge 0 ... 315 bar

Water outlet DIN 2353

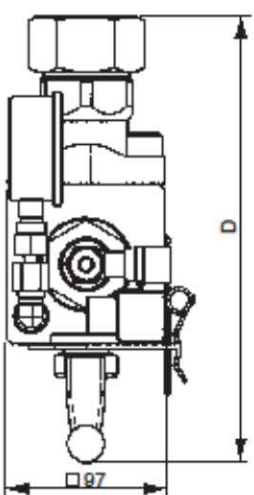
Pressure diff. switch 24 VDC

Manual shut-off valve handle (90° operating sector)

211

Test valve shut-off knob

Connection for test hose D23047




D

97

Description:
 The section ball valve is used to divide the sprinkler system into different sections. In the case of fire the sprinkler activates, causing flow through the valve. The flow is detected by the pressure difference switch, which sends a signal to the control board, identifying the activated section. The section ball valve is normally open, but can be closed with the manual shut-off valve. The test connection is used to test the flow monitor function, by causing a flow through the valve.


General	Property	Value
	Body material	Brass
	Connections	Cutting ring DIN2353
	Valve function	Normally open, with manual shut-off valve
	Mass (all versions):	
	Max. working pressure	200 bar



Marloff Marloff Corporation Oy, P.O. Box 86, Virmatie 3, FIN-01301 Vantaa, Finland,
 tel +358 9 870 851, fax +358 9 8708 5399, e-mail info@marloff.fi, www.hi-fog.com

Marloff Corporation Oy reserves the right to revise and improve its products and recommended system configurations as it deems necessary without notification. The information contained herein is intended to describe the state of HI-FOG products and system configurations at the time of its publication and may not reflect the product and/or system configurations at all times in the future.

Hoja Técnica del Bloque de Distribución

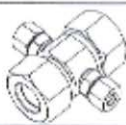


HI-FOG®

Technical Data Sheet TB5010

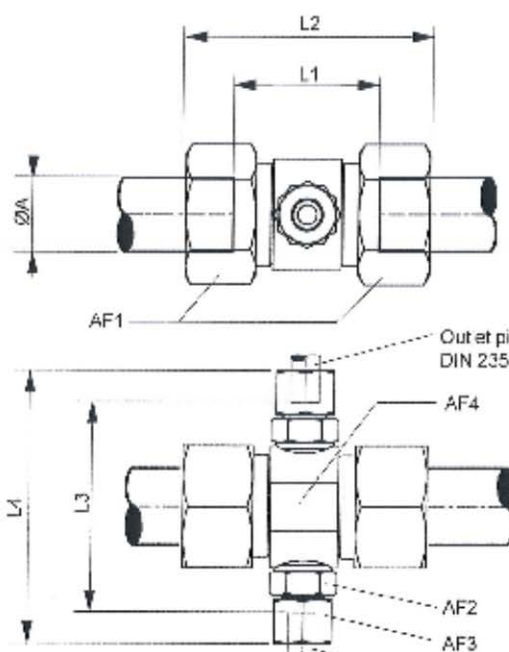
Distribution Block, 2 x Ø12 outlets

Stock codes B03225, B03255, B03300 & B03345



03 Oct 2003

Stock code	Type	Mass	ØA	L1	L2	L3	L4	AF1	AF2	AF3	AF4
B03225	16S/1+1X12S	0,64 kg	16	41	76	76	106	35	24	24	36
B03255	25S/1+1X12S	1,3 kg	25	44	91	82	109	35	24	24	36
B03300	30S/1+1X12S	1,2 kg	30	41	102	82	112	50	24	24	46
B03345	38S/1+1X12S	1,7 kg	38	40	103	95	126	60	24	24	55




Top view dimensions: L1, L2, ØA, AF1.

Side view dimensions: L1, L3, L4, AF2, AF3, AF4.

Outlet pipe O.D. Ø12 DIN 2353; 12-S


General	Body material	Stainless steel
Installation	Connections	Cutting ring DIN 2353



Marioff Corporation Oy, P.O. Box 86, Vammala 3, FIN-01301 Vammala, Finland.
 tel +358 9 670 801, fax +358 9 6708 5300, e-mail info@marioff.fi, www:hi-fog.com

Marioff Corporation Oy reserves the right to modify and improve its products and related services without notice and without obligation. The information contained herein is intended to describe the main features of HI-FOG products and system configurations and does not constitute a contract. The user must read the product and system manuals carefully and follow the instructions for installation and use.

Hoja Técnica de la Unión tubo-tubo




HI-FOG®

Technical Data Sheet TB3010

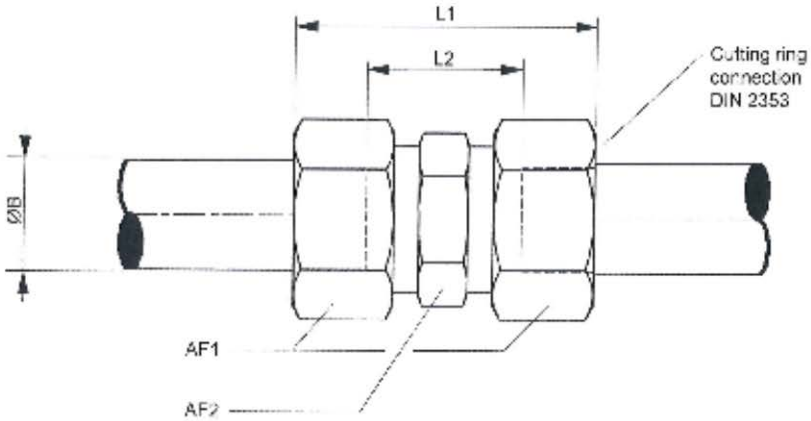
Straight fittings

Stock codes B010xx (x: see table below)




09 Feb 2004

Stock code	Type	Mass	ØB	L1	L2	AF1	AF2
B01020	G12-S AISI	0,14 kg	12	49	19	24	22
B01025	G16-S AISI	0,23 kg	16	58	21	30	27
B01035	G25-S AISI	0,68 kg	25	77	26	46	41
B01040	G30-S AISI	0,76 kg	30	88	27	50	41
B01045	G38-S AISI	1,17 kg	38	91	28	60	50




General	Body material	Stainless steel
Installation	Connections	Cutting ring DIN 2353



Marioff Corporation Oy, P.O. Box 86, Vantaa 3, FIN-01301 Vantaa, Finland.
 tel +358 9 873 851, fax +358 9 8736 5359, e-mail info@marioff.fi, www.hi-fog.com

Marioff Corporation Oy reserves the right to revise and improve its products and recommended system configurations without notice. The information contained herein is intended to describe the Marioff FOG products and system configurations at the time of publication and may not reflect the current and/or system configurations at all times in the future.

Hoja Técnica de los Soportes "Clamp"




HI-FOG®

Technical Data Sheet TA2006

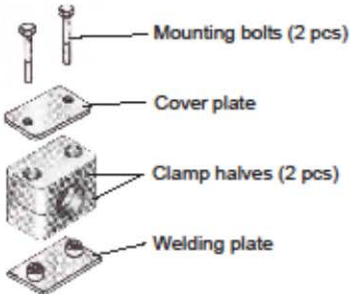
Aluminium tube clamps with welding plate

Stock codes A100XX (see table below)



14 Oct 2004

Stock code	Type	Clamp material	Ø [mm]	A [mm]	B [mm]	Hexagon head bolt
A10010	RAA3-112	Aluminium	12	13,5	36	M6 x 30
A10015	RAA3-216	Aluminium	16	16,5	42	M6 x 35
A10030	RAA3-430	Aluminium	30	21,0	59	M6 x 45
A10035	RAA3-538	Aluminium	38	29,0	72	M6 x 60

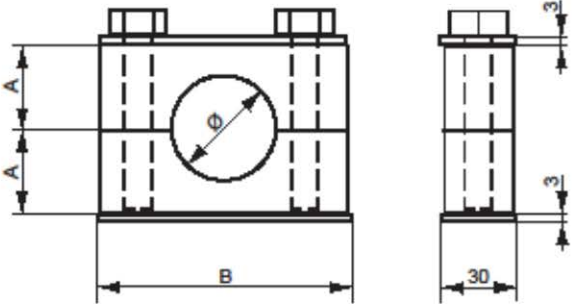


Mounting bolts (2 pcs)

Cover plate

Clamp halves (2 pcs)

Welding plate



Materials for all sizes:


Clamps	Aluminium
Cover plate	Zinc plated steel
Welding plate	Steel
Mounting bolts	Zinc plated steel

The acceptance criteria for stainless steel tube installation are:

Tube Ø [mm]	Distance between clamps [m]		
	NFPA	DNV	Marioff ^{*)}
12	1,2	1,2	2,5
16	1,5	1,2	3,0
25	1,8	1,6	3,5
30	2,1	1,8	4,0
38	2,1	1,9	4,5
60,3			5,5
75			6,5

Use DNV tube clamp spacing only if DNV classed.

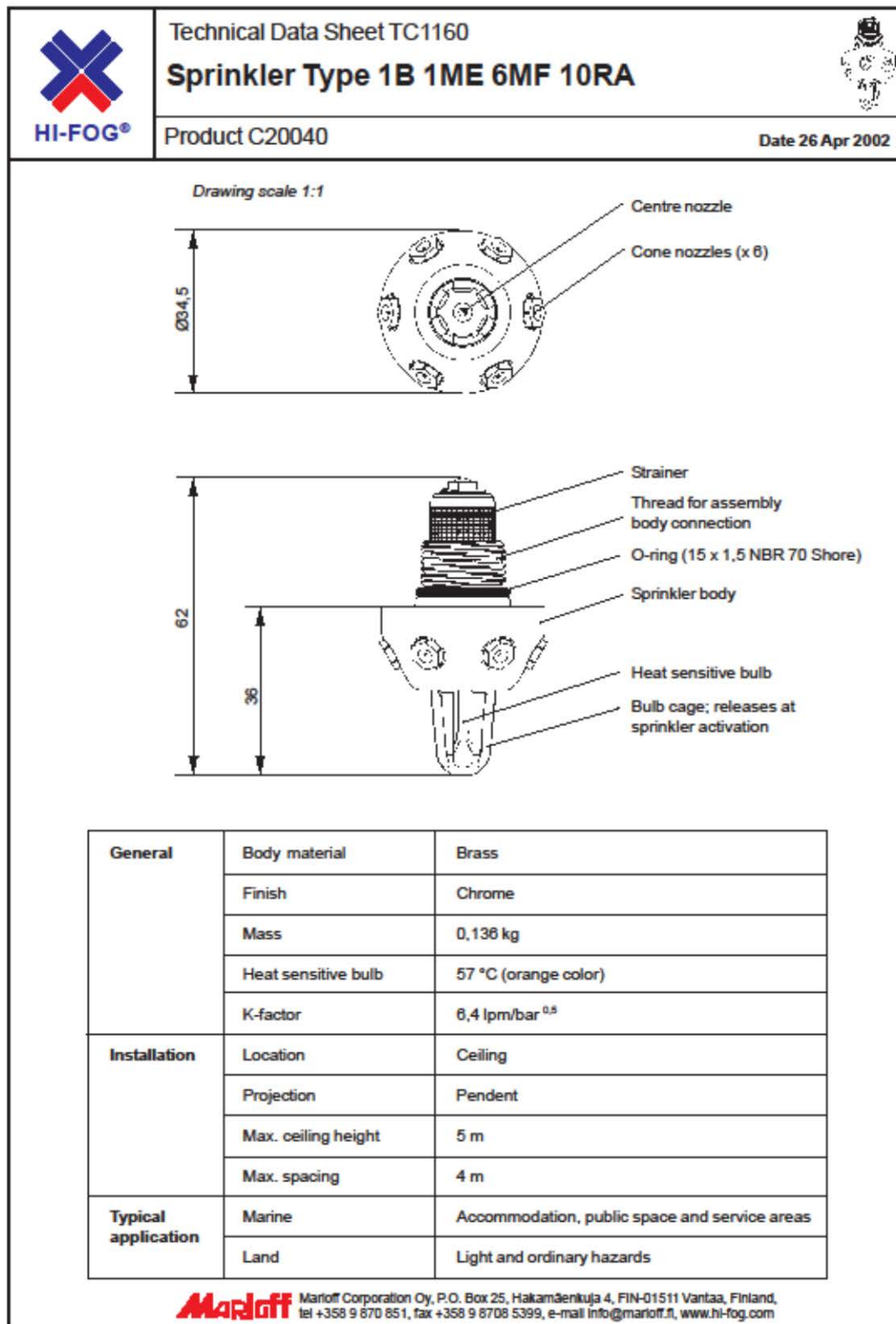
^{*)} distances defined by Marioff can be used when no stringent values are required by other instances





Marioff Corporation Oy, P.O. Box 86, Virmatie 3, FIN-01301 Vantaa, Finland,
tel +358 9 870 851, fax +358 9 8708 5399, e-mail info@marioff.fi, www.hi-fog.com

Marioff Corporation Oy reserves the right to revise and improve its products and recommended system configurations as it deems necessary without notification. The information contained herein is intended to describe the state of HI-FOG products and system configurations at the time of its publication and may not reflect the product and/or system configurations at all times in the future.

Hoja Técnica del Sprinkler 1B 1ME 6MF 10RA

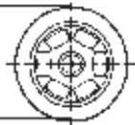


Hoja Técnica del Sprinkler Serie 2000

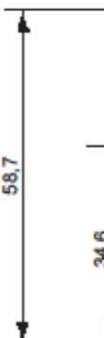
 HI-FOG®	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <p>Technical Data Sheet TC2010</p> <p>Sprinkler HI-FOG 2000 Types C10-57C/0 & C10-57C</p> <p>Stock codes C61500/0 and C61500</p> </div> <div style="text-align: right;">  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; display: inline-block;">TA</div> 08 Apr 2005 </div> </div>
---	--

Stock code	Type
C61500	C10-57C
C61500/0	C10-57C/0

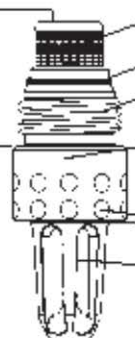
Ø19,8



58,7



34,6



Strainer

O-ring (12 x 1,5 NBR 70 Shore)

Thread for assembly body connection


Sprinkler type code and batch number stamped on the sprinkler body

Discharge nozzles

Heat sensitive bulb (inside the cage)

General	Body material	Brass
	Finish	Nickel
	Mass	0,058 kg
	Heat sensitive bulb	57 °C (orange color)
	K-factor	4,1 lpm/bar ^{0.5}
Installation	Location	Ceiling
	Projection	Pendent
	Max. ceiling height*	2,5 m
	Max. spacing*	5 m, 5,4 m in corridors
Typical application	Marine	Accommodations and public spaces
	Land	Light and ordinary hazards


*) Application specific



Marloff Corporation Oy, P.O. Box 86, Virmatie 3, FIN-01301 Vantaa, Finland,
tel +358 9 870 851, fax +358 9 8708 5399, e-mail info@marloff.fi, www.hi-fog.com

Marloff Corporation Oy reserves the right to revise and improve its products and recommended system configurations as it deems necessary without notification. The information contained herein is intended to describe the state of HI-FOG products and system configurations at the time of its publication and may not reflect the product and/or system configurations at all times in the future.

Hoja Técnica del ensamblaje para los Sprinklers




HI-FOG®

Technical Data Sheet TC8110

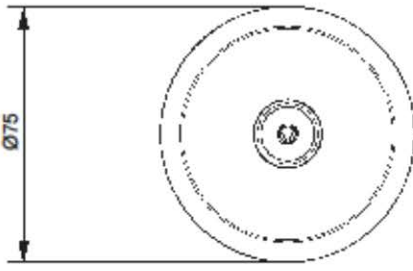
Assembly Body Set A1000A1AT11D12S10

Stock code C40022.1

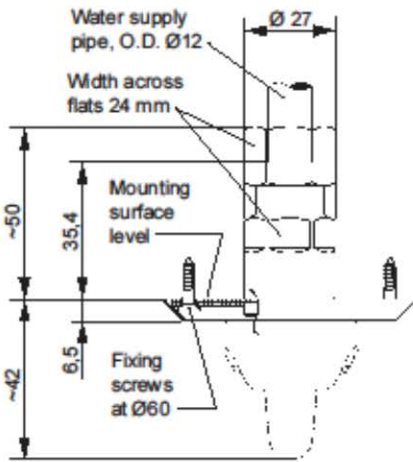


16 Sep 2003

Sprinkler Assembly Body Set for HI-FOG 1000 series Sprinklers and Spray Heads



Ø75



Water supply pipe, O.D. Ø12

Width across flats 24 mm

Mounting surface level

Fixing screws at Ø60

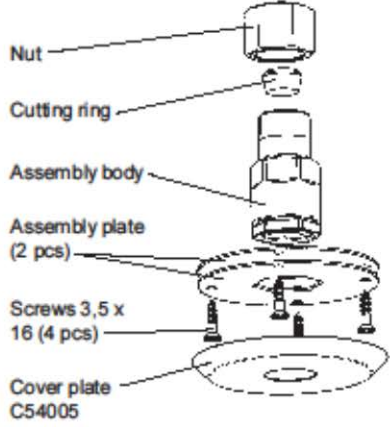
~50

35,4

6,5

~42

Ø 27



Nut

Cutting ring


Assembly body

Assembly plate (2 pcs)

Screws 3,5 x 16 (4 pcs)

Cover plate C54005

General	Body material	Brass
	Cover plate material	Stainless steel
	Cover plate finish	Polished metal
	Mass	0,19 kg
Installation	Location	Ceiling or wall
	Projection	Pendent or horizontal
Other features	Automatic stop valve allowing the sprinkler change without unpressurizing the system.	



Marloff Corporation Oy, P.O. Box 86, Virmatie 3, FIN-01301 Vantaa, Finland,
tel +358 9 870 851, fax +358 9 8708 5399, e-mail info@marloff.fi, www.hi-fog.com

Marloff Corporation Oy reserves the right to revise and improve its products and recommended system configurations as it deems necessary without notification. The information contained herein is intended to describe the state of HI-FOG products and system configurations at the time of its publication and may not reflect the product and/or system configurations at all times in the future.

Hoja Técnica de la Alarma Acústica Luminosa



Senalizadores acústicos y ópticos

Gama FULLEON



Descripción general



- **CAMPANAS:** Las campanas son el elemento de la alarma más clásico. Aunque está proporcionando la máxima efectividad en las alarmas electrónicas, ya cumple sus fines reduciendo al mínimo el ruido que causa molestias durante el día.
- **SEÑALIZADORES ACÚSTICOS:** Mucha es la preocupación por la fiabilidad y la consistencia de los sistemas de alarma, y para ello que más voces humanas en juego, es evidente. En Fulleon tenemos soluciones para cada una de las situaciones que se nos presentan, tanto en interiores como en exteriores, con una gran variedad de modelos y con multitud de variantes, como alarmas de parte y de proceso, alarma de alarma, etc.
- **SEÑALIZADORES ÓPTICOS:** La importancia de los señalizadores luminosos en la seguridad está en la capacidad de adaptar los sistemas electrónicos a las necesidades de cada problema y situación. También hay situaciones donde los dispositivos son por sí mismos los señalizadores, como en los edificios o en lugares donde las personas necesitan obtener información en las horas.
- **SEÑALIZADORES ÓPTICO-ACÚSTICOS:** La necesidad de disponer los sistemas de alarma en las situaciones con problemas de audición este momento, ya tenemos en Fulleon un conjunto de alarmas con campanas acústicas y luces de alerta, que se adaptan a cada situación. Los dispositivos pueden ser de verde (para las situaciones de alerta) o de rojo (para las situaciones de alarma), que proporcionan un mayor nivel de alerta que la luz roja o verde más interior. Además los LEDs tienen mayor fiabilidad y vida útil, lo que garantiza una mayor duración de la alarma de funcionamiento.
- **SIRENAS INDUSTRIALES:** Su diseño elegante, electrónico y robusto los hace ideales para cualquier situación de alarma, mientras que siempre pueden ser utilizados para la máxima efectividad, ya que aprovechan al máximo la intensidad de la luz, para proporcionar una alarma mucho mayor que las alarmas convencionales. Su diseño y construcción garantiza una máxima calidad para la máxima fiabilidad y seguridad.
- **SEÑALIZADORES INTRÍNSICAMENTE SEGUROS:** Muchas instalaciones tienen problemas de seguridad, como la gran cantidad de alarmas que se utilizan. En estos casos se requiere un dispositivo para asegurar la seguridad de las personas y de los bienes.

V.0908



Detección de incendios

Hoja de especificación del agua del sistema

 HI-FOG®	Technical Specification Sheet DOC0002101 Specification for water for use in HI-FOG systems		08 Dec 2004
1. Water requirements and recommendations			
1.1 Water requirements		1.2 Water recommendations	
Water to be the equivalent of a potable supply. It shall be colourless and odourless. The water shall not be corrosive.		<ul style="list-style-type: none"> • Conductivity $< 400 \mu S/cm$ • Total hardness $< 3 \text{ mmol/l}$ ($5 - 10 \text{ °dH}$) • Suspended solids, TSS $< 10 \text{ mg/l}$ • Sulphate $< 10 \text{ mg/l}$ • If pH < 7.0 then alkalinity should be $1 - 4 \text{ mmol/l}$ • pH shall never be below 6.5 	
<ul style="list-style-type: none"> • Chloride concentration $< 50 \text{ ppm}$ ($= 50 \text{ mg/l}$) • pH value $7.0 - 9.0$ • Iron (Fe) and Manganese (Mn): sum $< 0.3 \text{ mg/l}$ • No free chlorine 		The amount of organic material shall be kept to a minimum. The biological and bacterial growth should be regularly monitored.	
The fill line must be routed through a $< 100 \mu m$ filter (normally supplied with the unit). Suspended solids shall be as low as possible.		Distilled, demineralised, de-ionised or reverse osmosis water should not be used without adjustment of the alkalinity (or pH-value to ~ 8).	
<i>If above requirements cannot be reached, the water used for the HI-FOG system shall be treated, as described below, item 2 Water treatment.</i>			
2. Water treatment			
2.1 Water treatment, general		Shock chlorinated water may be used only after ensuring that there is no free chlorine and the other parameters are within the specification (note: chlorination increases chloride content).	
Free superoxygen additives shall not be applied.			
The HI-FOG system is not to be shock chlorinated.			
2.2 Water treatment, bacteriological growth		2.3 Water treatment, corrosion	
If bacteriological growth is found the water should be either changed through thorough flushing, or treated. The treatment may not be corrosive.		If the water is found corrosive an inhibitor may be used. The inhibitor may not contain nitrites or sulphates. It is also to be ensured the inhibitor complies with applicable authorities' health and other regulations.	
Chlorine dioxide treatment may be used. Vermagroup's Purogens or Saniogene are possible treatment alternatives. The manufacturer's instructions and recommendations and applicable authorities' requirements are to be complied with.		Corros' VpCI-341 and Nalco's 7395 are recommended alternatives.	
3. Misc.			
3.1 Other aspects			
If sea water or other water not complying with the specifications has entered the system (for example in an emergency situation) the system including all affected		branch piping, is to be thoroughly flushed. The use of an inhibitor should be considered.	
 Marriff Corporation, Oy, P.O. Box 65, Vinkki 5, FIN-01501 Vantaa, Finland. Tel: +358 9 370 751 Fax: +358 9 370 5599, Email: info@marriff.com www.hi-fog.com			

Hi-Fog Corporation Oy reserves the right to make any changes to products and recommendations without prior notice. The information contained herein is intended to be used as a guide only and does not constitute a warranty. The user shall be responsible for the correct use of the product and for the safety of the system.

8. Referencias

- [1] Edificio Sabatini, Campus Leganés, Universidad Carlos III de Madrid:
<http://www.uc3m.es/ss/Satellite/UC3MInstitucional/es/TextoMixta/1371206706197/>
- [2] Universidad Carlos III de Madrid: <http://www.uc3m.es/Inicio>
- [3] HI-FOG: <http://www.marioff.com/es>
- [4] Código Técnico de Edificación: Documento Básico SI, Seguridad en caso de Incendio.
http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/DBSI_19feb2010_comentarios_16dic2011.pdf
- [5] NFPA, Manual de Protección Contra Incendios, Volúmenes 1 y 2.
- [6] NFPA 750: *Standard on Water Mist Fire Protection Systems*
- [7] Código Técnico de Edificación: Documento Básico SE, Seguridad Estructural.
<http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB SE abril 2009.pdf>
- [8] Centro de Estadísticas de Incendios de la CTIF (Comité Técnico Internacional de Prevención y Extinción del Fuego): <http://www.ctif.org/>
- [9] “Europacable”: <http://www.nexans.es/eservice/Spain-es ES/navigate 268138/Incendio costes y consecuencias.html>
- [10] Gobierno del Reino Unido: Incendios en el hogar 2000 BCS:
<http://www.nexans.es/eservice/Spain-es ES/navigate 268138/Incendio costes y consecuencias.html>
- [11] P. Battrick, FM Global insurers, 1988-1997
- [12] CTIF : <http://www.ctif.org/>
- [13] NFPA, Volumen 2
- [14] The World Almanac 2009: <http://www.worldalmanac.com/press2009-contact-us.aspx>
- [15] Friendlander, S., Smoke, Dust, and Haze, Wiley, NY, 1977
- [16] HI-FOG, Catálogos: <http://www.marioff.com/es/sobre-marioff/multimedia/catalogos>
- [17] HI-FOG, Normativa: <http://www.marioff.com/es/water-mist/normas-de-seguridad-contraincendios>

- [18] HI-FOG, Tipos de Sistemas de Bombeo: <http://www.marioff.com/es/proteccion-contra-incendios/componentes-del-sistema-hi-fogr/equipos-de-bombeo>
- [19] IMO, *International Marine Organization* (Organización Marítima Internacional): <http://www.marioff.com/es/water-mist/normas-de-seguridad-contra-incendios/imo-organizacion-maritima-internacional>
- [20] SOLAS, *Safety of Life at Sea* (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar): http://es.wikipedia.org/wiki/Convenio_Internacional_para_la_Seguridad_de_la_Vida_Humana_en_el_Mar
- [21] Reglamento de Equipos a Presión: <http://www.f2i2.net/LegislacionSeguridadIndustrial/legislacionNacionalGrupo.aspx?idregl=85>
- [22] Información sobre Mediciones y Presupuesto de las obras de reparación del edificio Sabatini, facilitada por la Unidad de Obras y Mantenimiento de la Universidad Carlos III de Madrid. http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/unidad_tecnica_mantenimiento_obras